[illegible] der Gegenwart

Die

Chemie der Gegenwart.

Die

Chemie der Gegenwart

in ihren Grundzügen und Beziehungen

zu

Wissenschaft und Kunst, Gewerbe und Ackerbau, Schule und Leben.

Für Gebildete aller Stände

dargestellt von

Dr. Friedrich Schoedler,

Verfasser des Werkes: „Das Buch der Natur".

Mit vielen in den Text gedruckten Holzschnitten.

Leipzig:

F. A. Brockhaus.

1854.

Seinem hochverehrten Lehrer und Freunde

Justus von Liebig

widmet dieses Buch

der Verfasser.

Wenn inmitten der vielfachen und bedeutsamen Huldigungen, welche die dankbare Gegenwart Ihnen gewährt, auch dieser kleine Bruchtheil von meiner Seite hinzukommt, so darf ich wol hoffen, daß demselben jene wohlwollende Aufnahme nicht versagt werde, die Sie aufmunternd jederzeit dem Strebenden zu Theil werden ließen.

Indem ich der von dem Herrn Verleger an mich ergangenen Auffoderung:

„Dem größern Publicum eine Darstellung der «Chemie der Gegenwart» in ihren Grundzügen und in ihren mannichfaltigen Beziehungen zu geben",

nach Kräften zu genügen versuche, drängt sich mir vor allem das Bild Ihres Wirkens, Ihrer Erfolge, Ihrer Schule in den Vordergrund.

Die Ergebnisse hiervon sind längst zur allgemeinen Kenntniß gekommen, sie sind ein Gemeingut geworden. Allein nur Wenigen kann die Art und Weise vertraut sein, in der die eigene Thätigkeit anregend von dem Mittelpunkte Ihres Selbst peripherisch sich weiter verbreitete. Jahrelang in Ihrer Umgebung und, ich darf es wol sagen, Ihnen ein

treuer Gehülfe, hat sich vor meinen Augen das schönste Verhältniß eines Lehrers zu seinen Schülern erfreulich gestaltet.

Nicht selten begegnet man in Schriften, die dem Unterrichts- und Erziehungswesen gewidmet sind, der Klage, daß unsere höhern Lehranstalten, im Vergleich mit frühern Zeiten und mit anderwärtigen Anstalten, z. B. Englands, zwar unverkennbar einen umfangreichern Stoff dem Lernenden zuführen und auch beibringen, daß dieses aber allzu sehr auf Kosten der eigenen freien Thätigkeit der Letztern geschehe, daß die selbständige Entwickelung der Individualitäten ungemein beeinträchtigt werde, daß überhaupt das Wissen unverhältnißmäßig gesteigert erscheine, im Vergleiche zum Können.

Im Gegensatz hierzu erhebe ich geradezu die Anregung zur Selbstthätigkeit, zur Anwendung des aufgenommenen Stoffs, zur Uebung der geistigen Kraft und der hingebenden Ausdauer in der schweren Kunst der Beobachtung, als den hervorstechenden, als den folgereichsten Zug Ihrer lehrenden Wirksamkeit. Das reichste Wissen, die umfassendsten Kenntnisse — es sind todte Schätze und vergrabene Pfunde, solange sie nicht durch den Zauber befruchtender Ideen gehoben und in Fluß gebracht werden. In welchem Maße Ihnen dies gelungen, bezeugen die Reihen von Arbeiten und Arbeitern, die aus Ihrem Laboratorium hervorgegangen sind.

Vorzüglich schön gestaltete sich jedoch diese Ein- und Wechselwirkung zwischen dem Lehrer und Lernenden, indem Sie stets geneigt waren, den Schüler auch persönlich näher anzuziehen und bis zum Range eines Freundes zu erheben in dem Maße, als derselbe durch Hingebung an die Wissen-

schaft und Bewährung seiner Berufung sich dessen würdig erwies.

So wurde Ihre Schule zur Familie und diese erweiterte sich zur Gemeinde, die innig verbunden, jetzt weit über alle Länder zerstreut ist. So gewährten Sie in jetziger Zeit das seltene Beispiel eines Lehrers, wie es bewundernd aus der Blütezeit der griechischen Wissenschaft uns geschildert wird — eines Lehrers, der nicht fern aus olympischer Höhe Orakel verkündend, sondern herabgestiegen erscheint in den Kreis seiner Zuhörer — ihr Lehrer, ihr Freund!

Ich aber, hochverehrter Freund, glaubte dieses Bild als eine nothwendige Ergänzung einem Werke voranstellen zu sollen, dessen Zweck es ist, einen im chemischen Gebiete nicht selbst einheimischen Leserkreis in dasselbe einzuführen.

Worms, 24. August 1854.

Dr. F. Schoedler.

Inhalt.

Einleitung.

„So beruht die neuere Chemie hauptsächlich darauf, Das zu trennen, was die Natur vereinigt hatte; wir heben die Synthese der Natur auf, um sie in getrennten Elementen kennen zu lernen."

Goethe.

Von den verschiedenen Wissenschaften, deren Cultus den menschlichen Geist beschäftigt, ist die Chemie vorzugsweise der Pflegling, der Stolz und die Hoffnung der Gegenwart. Jahrhundertelang als Aushelferin im Dienste der verschiedensten Richtungen, hat sie endlich ihre Selbständigkeit errungen; und mit dem vollen Bewußtsein, sich selbst Zweck zu sein, ihre Fesseln zerbrechend, ist die Chemie plötzlich mit aller Glorie und Macht aufgetreten, welche eine jede wahre Wissenschaft erhebend und belebend um sich verbreitet.

Der Uebergang aus dem Dienste zur Freiheit, aus der Dunkelheit verworrener Begriffe und unvollkommen beobachteter Thatsachen zur sichern Methode, zum klaren und festbegründeten Gesetze — ist durch einige große Schritte im Verlaufe des jüngsten halben Jahrhunderts so rasch und erfolgreich geschehen, daß die neuere Chemie, gleich einer Minerva, gewappnet dem Haupte Jupiter's entsprungen erscheint.

Dieses Hervortreten der neuen Wissenschaft in die Reihe der längstberechtigten hatte selbst für Diejenigen etwas Ueberraschendes, die an dem Gestaltungsprocesse derselben sich betheiligten oder mit der Chemie und den näher verwandten Wissenschaften sich beschäftigten. Unverkennbar mußten die vereinigten Arbeiten am Ende des vorigen und zu Anfange dieses Jahrhunderts auf ein großes Ziel hinführen, dessen Nähe von den Zeitgenossen wol geahnt und vorausgesehen werden konnte, das in seiner ganzen Bedeutung jedoch erst in späterer Zeit sich offenbarte, sodaß wir die wissenschaftliche Chemie als ein Attribut der Gegenwart bezeichnen dürfen.

Fragen wir nur, um dies bestätigt zu finden, Diejenigen, die vor 40—50, ja vor 25—30 Jahren dem Studium der Chemie sich widmeten, und vernehmen wir ihr Urtheil über die damals herrschenden theoretischen Ansichten und die darauf begründete Unterrichtsmethode, namentlich in den wissenschaftlichen Lehrbüchern! Mit welch bangem Gefühle ging damals der Lernende an diese Quellen der Chemie, die zwar von einem kaum zu bewältigenden Reichthume unschätzbarer Thatsachen übersprudelten, durch deren verworrene Windungen jedoch vergeblich der leitende Faden gesucht wurde. Ist nicht Jedem, der diese Periode durchlebte, Schuppe auf Schuppe von den Augen gefallen durch den Glanz rasch aufeinanderfolgender Entdeckungen und durch die Feststellung der großen Gesetze der Chemie, welche eine wunderbare Einheit und Nothwendigkeit in die buntgewürfelte Mannichfaltigkeit des bisherigen chemischen Wissens brachten! Von solcher Wirkung ist aber das magische Band des Naturgesetzes, daß, trotz einer ungeheuern Vermehrung der chemischen Thatsachen durch die zahllosen Arbeiten der neuern Zeit, dennoch leichter ein klarer Ueberblick über das vorhandene Material sich gewinnen und behaupten läßt, als dies damals möglich war.

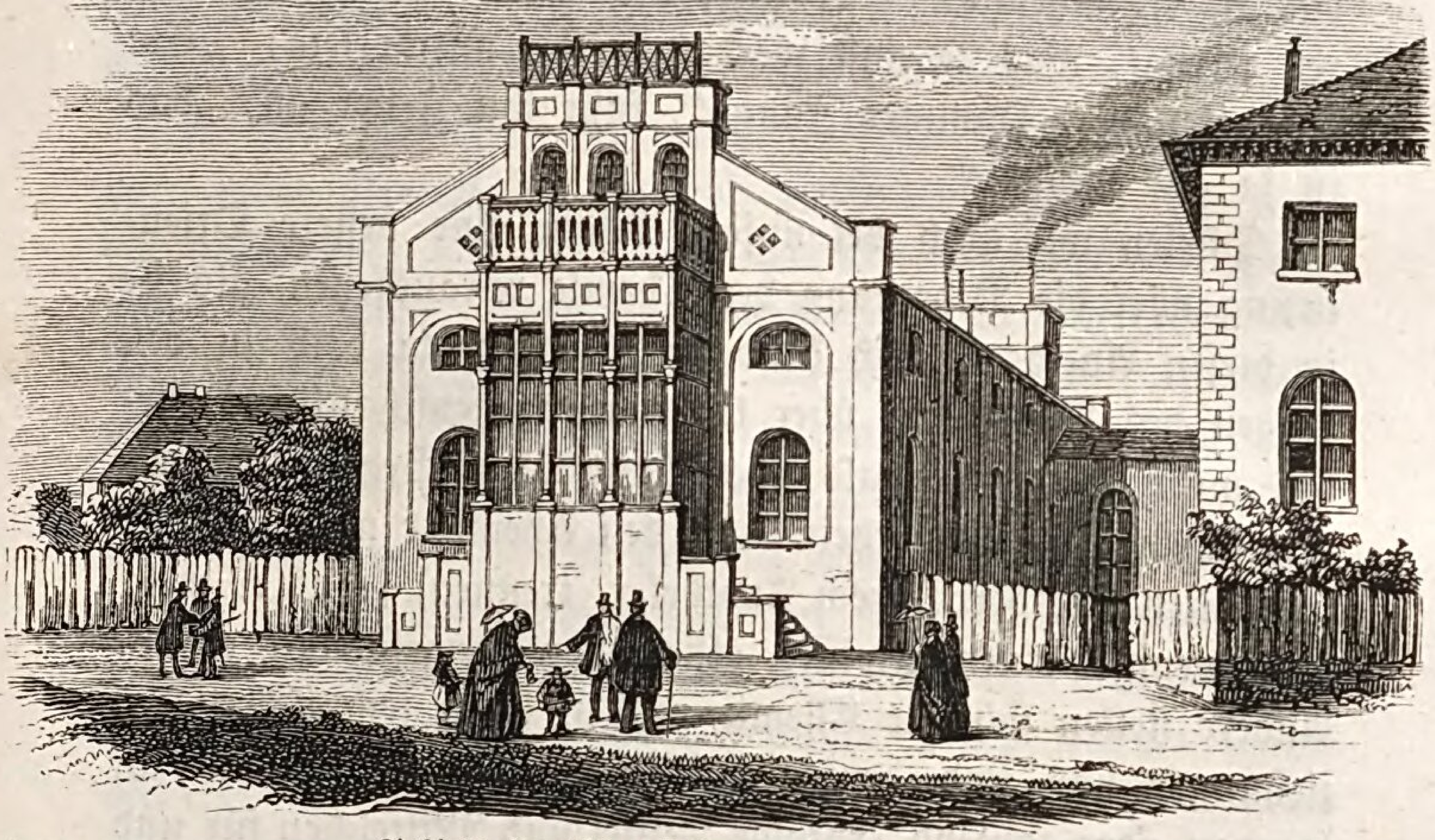
Wenn nun schon für Diejenigen, die während dieser Zeit mit dem Studium der Chemie sich befaßt haben, eine ganz neue Aera aufgegangen ist, wenn sie sich im Verlaufe die-

ser Entwickelungsperiode der Wissenschaft mehrfach an eine ganz veränderte Anschauungsweise der Erscheinungen, ja an eine neue Sprache und Ausdrucksweise gewöhnen mußten, so ist es begreiflich, daß für das ganze übrige Publicum, welches außerhalb dieser Sphäre stand, das Hervortreten der Chemie in ihrer jetzigen Bedeutung das höchste Erstaunen hervorrufen mußte.

Es ist eben in der ganzen Einrichtung unserer gelehrten Schulen, in welchen die gebildeten Stände unterrichtet werden, begründet, daß die Vermittelung der Naturwissenschaften an das große Publicum mit außerordentlichen Schwierigkeiten zu kämpfen hat. Wenn in jenen Schulen das Organ geweckt und gebildet wird, um das ganze Bereich der historischen und philosophischen Wissenschaften zugänglich zu machen, so wird dagegen, mit sehr geringen Ausnahmen, nirgends der Sinn aufgeschlossen für das Reich der Natur; und daher kommt es, daß der Naturforscher für alle Diejenigen, die nicht von selbst auf seinem Gebiete ihn aufsuchen, eine fremde, unverständliche Sprache redet, daß ihm fast jeder Anknüpfungspunkt fehlt, daß er einen großen Aufwand nöthig hat, um nur die allgemeinsten Begriffe, Vorstellungen und Thatsachen zur Anschauung und Auffassung zu bringen.

Wenn diese Kluft zwischen den Pflegern der Naturwissenschaften und den Zeitgenossen einigermaßen sich ebnet, so verdanken wir dies keinem geringern Umstande, als daß die ersten Genien der Wissenschaft mit plastischem Griffel in klaren und festen Umrissen die Grundlinien der Naturwissenschaft und die großen aus ihr geborenen Ideen dargelegt haben. Und nach der Regel, daß, „wenn die Könige bauen, so haben die Kärrner zu thun", stellten sich alsbald ganze Reihen von rüstigen Arbeitern ein, welche bemüht waren, die von den großen Meistern zu Tage geförderten Goldklumpen eifrig in die Scheidemünze des täglichen Verkehrs auszuprägen. Sehen wir auch in dieser Richtung manches Verfehlte zum Vorschein kommen, und entsteht auch mitunter

die Besorgniß, in einer Flut von naturvermittelnden Werken begraben zu werden: so haben diese Erzeugnisse doch ihre Berechtigung in dem Eifer gefunden, mit welchem das Publicum nach denselben greift; und wenn solche Werke auch in den Augen des Fachgelehrten eine untergeordnete Bedeutung haben, so gilt für sie doch das tröstende Dichterwort: „Der Lernende wird immer dankbar sein!“



Liebig's chemisches Laboratorium in München.

I. Grundzüge der Chemie.

---

1. Begriff des Gegenstandes.

Es ist nach den einleitenden Worten begreiflich, daß bei Denjenigen, die mit dem Studium der Chemie selbst sich nicht befaßten, nur sehr ungenaue Vorstellungen über die Bedeutung der Begriffe Chemie und Chemiker herrschen mögen, und es sei uns erlaubt, in dieser Beziehung zwei Anekdoten anzuführen. Es wird erzählt, daß der Famulus des großen Schweden Berzelius, gefragt, was denn eigentlich die Chemie wäre, die seinem Herrn so großen Ruhm erwerbe, die folgende Aufklärung gab: „Zuerst muß ich allerlei Materialien in großen Flaschen holen — dann werden sie in kleinere Gefäße gefüllt und aus diesen wieder in ganz

kleine Gläser gegossen, die endlich alle in einen Kübel geschüttet werden, den ich täglich hinaustrage und ausleere — das ist die Chemie!" Liebig, als Knabe von einem Lehrer gefragt, was er einst werden wolle, antwortete: „Ein Chemiker." „Dummer Junge", fuhr ihn Jener an, „das ist ja gar nichts!"

Dürfen wir auch bei unsern Lesern eine bessere Orientirung über die Bedeutung der Chemie voraussetzen, als sie in diesen Anekdoten sich kundgibt, so herrscht doch in den Augen des Publicums über kein naturwissenschaftliches Gebiet mehr Unsicherheit als über Inhalt und Begrenzung des chemischen. Die Mehrheit kann den Chemiker nicht von seinem alten Brotherrn, dem Apotheker, trennen, sodaß er mehr oder weniger einen gewissen officinellen Beigeschmack erhält. Andere stellen sich die Chemie nur in ihren technischen Beziehungen vor und denken bei ihrem Namen sogleich an hundert oder tausend erprobte Mittel und Mittelchen für und gegen alles Mögliche. Ja, sehr vielfach verbindet sich mit der Vorstellung vom Chemiker noch das geheimnißvolle kabbalistische Wesen der alten Goldmacherkunst, sodaß Scheidekünstler und Schwarzkünstler in diesem Falle nahe verwandte Bezeichnungen sind. Nicht wenig trägt hierzu die Rolle bei, welche der Chemie in unserer schönen Literatur, wie namentlich durch Jean Paul, E. T. A. Hoffmann und neuerdings wieder durch Immermann in seinem „Münchhausen", übertragen worden ist, wo mehrfach der Chemiker in allerlei übernatürlichen, geheimnißvollen und abenteuerlichen Verhältnissen und Umgebungen erscheint. So ein düsteres chemisches Laboratorium, mit seltsam gestalteten Phiolen und Apparaten, mit seinen Dreifüßen und Schmelztiegeln erhält leicht durch Zusatz von Salamander und Todtengebein den Anstrich einer Herenküche und ist dann ein gar vortrefflicher Schauplatz und Hintergrund für eine romantische Figur.

Indem wir nun im Begriffe sind, über die Chemie auf

ihrem gegenwärtigen Standpunkte mit einem größern Publicum uns zu unterhalten, erscheint vor allem eine Verständigung über die Bedeutung des Gegenstandes nothwendig, und es leitet uns dies auf eine Betrachtung der Naturwissenschaften überhaupt und auf das gegenseitige Verhältniß derselben.

Es gibt nur Eine Naturwissenschaft. Ihre Aufgabe ist das ganze Bereich des sinnlich Wahrnehmbaren, ihr Ziel die Aufsuchung des sich durch dasselbe offenbarenden göttlichen Gedankens. Daß eine Annäherung an dieses erhabene Ziel möglich ist, dafür sprechen manche von dem strebsamen Geiste des Menschen bereits errungene Erfolge. Vergleichbar dem Thema, das durch alle Theile eines großen Tonwerks hindurchzieht, sind Naturgesetze erkannt worden, die in der ganzen Mannichfaltigkeit der Naturerscheinungen als maßgebend und bestimmend sich wiederfinden. Alle Eintheilung der Naturwissenschaft hat daher keinen andern Sinn und Zweck, als vorläufige Theilung der Arbeit. Es würde dem Einzelnen unmöglich sein, alle die bunt durcheinanderlaufenden Fäden, aus welchen das reiche Bild der Natur gewirkt ist, gleichzeitig zu verfolgen. Geht man aber um so sorgfältiger dem Einzelnen nach, so trifft man früher oder später mit Denjenigen wieder zusammen, die eine ganz andere Richtung eingeschlagen hatten und die jetzt gemeinschaftlich der Einheit des Ziels bei verschiedenen Wegen sich staunend erfreuen.

Dies hat ein Zweig der Naturwissenschaft, dessen Cultur ebenfalls vorzugsweise der Gegenwart angehört, die Geologie, auf das überraschendste gezeigt, indem der Physiker, Chemiker, Zoolog und Botaniker dem Mineralogen freundschaftlich die Hand reichten und zur endlichen Lösung seiner Aufgabe, welche die Gestaltungsgeschichte des Erdballs ist, erfolgreich mitwirkten. Ja, gerade von dieser Periode des Zusammentreffens an erhielt erst die Geologie die volle Sicherheit und die Grundlage, von der aus sie sich zur abschließenden allgemeinen Betrachtung erheben konnte.

Die Theilung der Arbeit im Bereiche der Naturwissenschaft geschieht, wie bei allen größern Unternehmungen, nach dem Grundsatze, daß alles Gleichartige möglichst als ein besonderes Gebiet angebaut werde. Nur von diesem Gesichtspunkte der Einheit und des nothwendigen Zusammenhangs ausgehend, wird es leicht fallen, eine Eintheilung und Begrenzung der Naturwissenschaften vorzunehmen. Jeder Versuch dagegen, dieses Ganze gleich einer Mosaik in scharf eingegrenzte Quadrate zerlegen zu wollen, würde bei allem Aufwande von Logik und Consequenz eben doch nur bedeutungsloses Stückwerk liefern.

Der geschichtliche Verlauf zeigt auch, daß die Hauptzweige dieser Wissenschaft sich auf eine natürliche, der strengen Absonderung ganz unbewußte Weise gebildet haben. Die einfache Betrachtung der mannichfachen Gegenstände, die uns umgeben, ließ dieselben bald in leblose und belebte, und die letztern wieder in solche unterscheiden, die freiwillige Bewegung haben oder derselben entbehren, und somit war der Inhalt der Mineralogie, Zoologie und Botanik gegeben. Die Betrachtungsweise dieser Wissenschaften war so lange nur eine äußerliche, lediglich auf die Form gerichtete, bis diese Richtung erschöpft war, und ein tieferes Eingehen den Gegenstand nach einer neuen Seite verfolgte. Von diesem Augenblicke an beginnen auch neue Wissenschaften aus den genannten sich zu entwickeln. Die Zergliederung der Thiere und Pflanzen, die Anatomie, mag noch der blos formalen Richtung zuzurechnen sein; allein die Frage nach den Lebenserscheinungen, nach dem wunderbaren Stoffwechsel im Thier- und Pflanzenkörper läßt sich durch Messer und Lupe nicht mehr beantworten. Hier sammelte sich nun eine Fülle von Thatsachen als Inhalt einer neuen Wissenschaft, der Physiologie.

Auch der Mineralog hatte sich allmälig in der äußern Betrachtung seines Gegenstandes erschöpft. Nachdem er die Krystallform, Härte und Dichte seines Minerals hinreichend kennen gelernt hatte, suchte er demselben neue Seiten des

Charakters abzugewinnen — er prüfte sein Verhalten gegen andere Stoffe. Allein sogleich zeigte es sich, daß hiermit die Mineralogie eine Grenze erreicht hatte, denn der Gegenstand ihrer Untersuchung, das Mineral, verschwand unter den Händen des Experimentators. Ebenso wie das Blut und der Zellsaft der zerlegten Thiere und Pflanzen sich der zoologischen und botanischen Diagnose entziehen, ist ein geglühtes oder in Säure aufgelöstes Mineral nicht weiter mineralogisch bestimmbar. Wir sind hier abermals am Ausgangspunkte einer neuen Wissenschaft angekommen, nämlich an dem der Chemie.

Einen viel allgemeinern Gesichtskreis eröffnete sich der Physiker, indem er seinen Blick nicht lediglich auf bestimmte Formen richtete, unter welchen die Materie als Mineral, Pflanze und Thier sich darstellt, sondern indem er diejenigen Erscheinungen verfolgte, welche an der Materie überhaupt sich darstellen.

Das Auge des Physikers blieb daher nicht allein an der Erdscholle geheftet, es erhob sich in den sie umgebenden Raum, aus welchem Myriaden von Welten zu uns herüberfunkeln und woher uns das wunderbare Licht und die wohlthuende Wärme strahlt. Schon die große Ausdehnung, in welcher die Erscheinungen dem Physiker sich darstellen, erklärt, wie er früh auf die mathematische Bestimmung geführt werden mußte, und in der That finden wir von jeher die großen Mathematiker und Physiker in Einer Person vereinigt.

Mit der strengen Consequenz der mathematischen Methode verfolgt der Physiker eine jede Erscheinung durch das ganze seiner Beobachtung zugängliche Gebiet. Ihm entgeht die Verzögerung des Lichts beim Durchgange der Trabanten des Jupiter ebenso wenig als das bunte Farbenspiel, welches es im Flügel der kleinsten Mücke hervorruft. Die Gesetze jener gegenseitigen Anziehung, welche Welten unsichtbar aneinanderkettet und auseinanderhält, verfolgt er im Kreislauf der Planeten, in der Bewegung des der Schleuder entfliehenden Steins, in der Curve des ausfließenden Wasser-

strahls und im Aufsteigen der Flüssigkeiten in den Haarröhrchen. Er berechnet die vom ungeheuern Erdkörper ausgestrahlte Wärme und bestimmt den Verlust, welchen der Körper des Menschen, ja selbst eines kleinen Insekts durch Ausstrahlung verliert.

Dieser allgemein kosmische Charakter der Physik unterscheidet ihr Gebiet leicht von den Gebieten der früher genannten naturwissenschaftlichen Zweige.

Bei genauer Verfolgung der allgemein auftretenden Naturerscheinungen läßt sich jedoch bald ein zweifacher Verlauf derselben nachweisen. Bei einer ganzen Reihe derselben finden wir, daß die Gegenstände, an welchen Erscheinungen sich darstellen, weder im Verlaufe noch in Folge derselben irgendeine nachweisbare Veränderung erleiden. Aus Tausenden von Fällen mögen die folgenden dienen, um dies in auffallender Weise zu zeigen.

Wenn wir einen Gegenstand nacheinander durch Gläser von verschiedener Gestalt betrachten, so nehmen wir höchst wunderbar abweichende Erscheinungen wahr. Nehmen wir zu dem Versuche zuerst ein Fensterglas mit parallelen Flächen, so stellt der Gegenstand sich ebenso dar, als ob er mit bloßen Augen betrachtet werde. Dagegen zeigt uns ein linsenförmiges Glas jenen Gegenstand näher und größer; durch ein vertieftes Glas sieht man ihn ferner und kleiner; und endlich ein dreikantiges Glas, ein Prisma, läßt ihn sowol von seinem Orte verrückt, als auch mit prachtvollen Farbenrändern umgeben erscheinen. Diese Erscheinungen lassen sich beliebig oft wiederholen, ohne daß wir an den Gläsern selbst, oder an dem durch sie beobachteten Gegenstande die mindeste Veränderung wahrnehmen. Ebenso können wir dem Harzkuchen und der Glasscheibe Millionen elektrischer Funken entziehen, der Glocke und der Orgelpfeife unzählige Töne entlocken, ohne eine bemerkliche Veränderung an diesen Gegenständen wahrzunehmen.

Nicht minder allgemein im Bereiche der Natur ist jedoch

eine Reihe von Erscheinungen, deren gemeinsames Merkmal gerade darin besteht, daß der Gegenstand, an welchem sie auftreten, eine so wesentliche Veränderung erleidet, daß er als solcher im Verlaufe der Erscheinung gänzlich verschwindet.

Was wird aus der ungeheuern Anzahl thierischer und pflanzlicher Gebilde, die jedes Jahr hervorbringt? Sie verwesen, vermodern, vergehen! Was wird aus den Millionen Centnern von Holz und Kohle, die wir Jahr aus Jahr ein dem Herde und Ofen übergeben? Sie werden von der Flamme verzehrt, und ein kleines Häuflein Asche ist Alles, was uns von dem kostbaren Material übrig bleibt.

Setzen wir blankes Eisen und Kupfer der Luft und der Feuchtigkeit aus, so überdeckt alsbald ein brauner Rost das erste und ein grüner Ueberzug das zweite dieser Metalle. So oft wir diese farbigen Schichten von den Metallen hinwegnehmen, so oft bilden sie sich von neuem, bis endlich keine Spur von Eisen und Kupfer mehr sichtbar ist.

Die Kreide, deren Eigenschaften wir als bekannt voraussetzen dürfen, wird als Mineral aus Brüchen gewonnen, wo sie seit Jahrtausenden unverändert gelagert sein mochte. Glühen wir ein Stückchen Kreide einige zeitlang in lebhaftem Feuer, so hat es, nachdem es erkaltet ist, Eigenschaften angenommen, die es als Kreide gar nicht mehr erkennen lassen. Denn mit einigen Tropfen Wassers benetzt, bläht es sich zischend auf, erhitzt sich und zerfällt augenblicklich zu einem weißen, mehlartigen Pulver. Wir nennen dies gelöschten oder ätzenden Kalk, denn es hat jetzt einen beißenden Geschmack und zerstört Haut, Wolle und Farbe. Rührt man jedoch den gebrannten Kalk mit etwas Wasser zu Brei an und setzt diesen einige Tage der Luft aus, so erhärtet diese Masse und verliert zugleich ihre ätzende Eigenschaft vollständig, eine Erfahrung, die am Mörtel unserer Maurer leicht gemacht werden kann.

Wir könnten noch Hunderte von Beispielen anführen,

wenn die gegebenen nicht bereits genügten, um auf eine Reihe von Naturerscheinungen hinzuweisen, deren gemeinschaftlicher Charakter die wesentliche Veränderung der Materie ist.

Wir bedienen uns des Ausdrucks „wesentliche Veränderung", um sie als chemischen Proceß von manchen Erscheinungen zu trennen, bei welchen allerdings auch eine gewisse Veränderung an der Materie wahrzunehmen ist. Ein und derselbe Zuckersyrup kann durch verschiedene Behandlungsweise sowol in der Form von Candis als auch in der von Melis erhalten werden. Metalle werden beim Erhitzen rothglühend und weißglühend; Wasser wird durch Aufnahme von Wärme in einen luftförmigen Körper, nämlich in Dampf, und durch Wärmeentziehung in einen festen Körper, in Eis, übergeführt. Sobald jedoch in den genannten Fällen die ursprüngliche Temperatur wiederhergestellt wird, so erscheinen diese Gegenstände wieder unverändert mit ihren ursprünglichen Eigenschaften. Es wird hier nur vorübergehend der Zustand der Materie geändert, nicht das Wesentliche derselben.

Fassen wir nun das im Vorhergehenden Entwickelte in den kürzesten Ausdruck zusammen, so erscheint die Chemie als die Wissenschaft derjenigen Naturerscheinungen, bei welchen eine wesentliche Veränderung der Gegenstände stattfindet, an denen die Erscheinungen wahrgenommen werden oder die zur Hervorbringung derselben dienen.

2. Methode der Darstellung.

Indem wir es versuchen, die Chemie in ihren Grundzügen und wichtigsten Erscheinungen darzustellen, entsteht die Frage, welche Methode hierfür als die zweckmäßigste sich bietet.

Die Naturwissenschaften sind ganz insbesondere auf die inductive Methode hingewiesen, die beobachtend von Thatsache zu Thatsache fortschreitet und so von selbst aus der Nothwendigkeit der Erscheinung das Gesetz und die Theorie

entwickelt. Die dogmatische Methode dagegen gibt dem Lernenden sogleich den allgemeinen Ausdruck der bereits festgestellten Erscheinungen, als Gesetz oder Theorie, und weist hinterher die Begründung an den erfoderlichen Beispielen nach.

Wollten wir hier mit vollster Consequenz den Weg der Induction verfolgen, stets vom Bekannten zum Unbekannten fortschreitend, so würden wir nur auf großem Umwege dem Ziele näher kommen. Bei aller Sorgfalt würden doch so nicht selten Ausdrücke gebraucht werden, für welche der skeptische Schüler eine Erklärung verlangen dürfte, sodaß Erklärungen in Erklärungen sich schachteln müßten, und, endlich am Ziele angekommen, würde der Faden verloren sein, der zum Ausgangspunkte zurückführen soll.

Es ist eben ein Glück für Lehrer und Lernende jeder Art, daß der Schüler, wie wenig entwickelt er immer sei, doch bereits eine gewisse Anzahl von Vorstellungen und Begriffen mitbringt; und das Geschick des Lehrers hat sich darin zu zeigen, daß es die rechten Anknüpfungspunkte aufzufinden und zu benutzen weiß.

Wir werden im Verlaufe unserer Darstellung die beiden Methoden anwenden, wie es gerade für die Behandlung der einzelnen Theile am zweckmäßigsten erscheint, und verlangen dabei insofern Vertrauen in die Autorität des Vortragenden, daß er nur solche Gesetze und Grundsätze aufstellen werde, die durch die mühevollsten und gewissenhaftesten Forscher wiederholt dazu erhoben worden sind.

3. Die Bedeutung der Wage.

Materie wird das Raumerfüllende, Undurchdringliche genannt, ohne Rücksicht auf die Größe seiner Ausdehnung und weitere Eigenschaften. Ein Mohnkorn erfüllt einen gewissen Raum, es ist ein Theil der Materie. Die Erdkugel, die einen größern Raum einnimmt, ist ein größerer Theil der Materie.

Die Materie des Mondes nimmt einen funfzig mal kleinern Raum ein als die der Erde, während die Materie der Sonne ausreichen würde zur Anfertigung von nahezu anderthalb Millionen von Erdbällen.

Irgendein beliebiger Theil der Materie wird ein Körper oder ein Gegenstand genannt. So sind die Himmelskörper einzelne Massen der Materie, die frei im Raume schweben, und wie außerordentlich die Größe derselben auch erscheinen mag — im unendlichen Weltraume sind sie gleich den wirbelnden Stäubchen im Sonnenstrahle eines Zimmers.

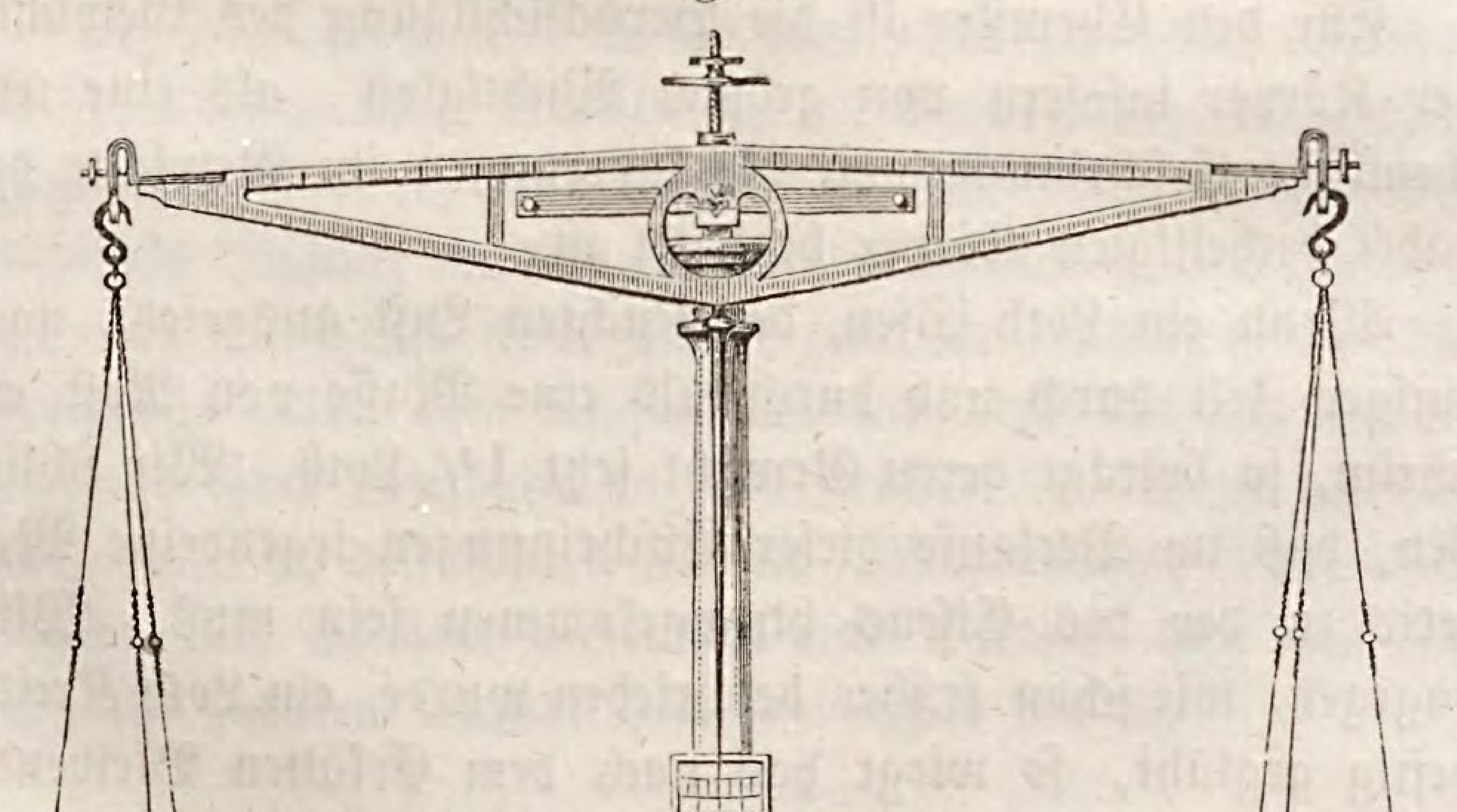
Eine Grundeigenschaft der Materie ist die von ihr ausgehende Anziehungskraft, welche Schwerkraft oder Gravitation genannt wird. Zwischen verschiedenen Massen von Materie findet daher ein Verhältniß gegenseitiger Anziehung statt. Die Erde wirkt in dieser Weise auf den Mond und nimmt ihn mit als Begleiter auf ihrem Wege um die Sonne, und der Mond seinerseits übt eine Anziehung gegen die Erde, stark genug, um die Wogen des Meeres zu gewissen Zeiten als Flut zu erheben. Diese Gegenseitigkeit der von allen im Weltraume zerstreuten Himmelskörper ausgehenden Anziehung ist der Grund, weshalb wir kein Zusammenballen aller Materie in Masse erwarten dürfen; denn wenn ein Körper von mehren Kräften nach verschiedenen Richtungen angezogen wird, so kann der Fall eintreten, daß die Wirkung dieser Kräfte sich gegenseitig aufhebt, und es folgt daher ein Zustand des Gleichgewichts, der keinem Weltkörper gestattet, aus der ihm angewiesenen Bahn zu weichen.

Die von einem Körper ausgeübte Anziehung ist um so größer, je bedeutender die Masse desselben ist. Denken wir uns z. B. einen Gegenstand in der Mitte der Entfernung von der Erde zum Monde zwischen beiden befindlich, so wirkt auf ihn gleichzeitig die Anziehung dieser zwei Körper. Jener Gegenstand wird jedoch der anziehenden Kraft der Erde folgen, da diese als ein funfzig mal größerer Körper eine ebenso viel mal stärkere Anziehung ausübt. Befände sich

jedoch derselbe Gegenstand nur einen Erdhalbmesser weit von dem Monde entfernt, so würde dessen Anziehung überwiegen, weil in dieser größern Entfernung die Schwerkraft der Erde beträchtlich geringer ist. Indem man sich von einer Masse entfernt, nimmt die Wirkung der von ihr ausgehenden Anziehungskraft in einem rasch steigenden Verhältnisse ab.

Die Bewohner der Erde sind durch die von ihrer Masse ausgehenden Anziehung so fest in ihr Bereich gebannt, daß gar keine Möglichkeit vorliegt, irgendeinen Versuch anzustellen, der nicht unter dem ganzen Einflusse der Schwerkraft stattfände. Das Fallen der nicht unterstützten Körper, die nach dem Erdmittelpunkte hinweisende Richtung des Bleiloths, der Druck, den ein Körper auf seine Unterlage ausübt und den wir das Gewicht dieses Körpers nennen — alle diese tagtäglichen Erscheinungen sind Offenbarungen der Schwerkraft. Dieselbe ist hierdurch ein wichtiges Mittel zur Beurtheilung der Masse eines Körpers und jeder an derselben etwa stattfindenden Zu- oder Abnahme. Die Wage ist bekanntlich das Instrument, durch welches wir diese Bestimmung der Quantität vornehmen. Es zeigt uns Fig. 1

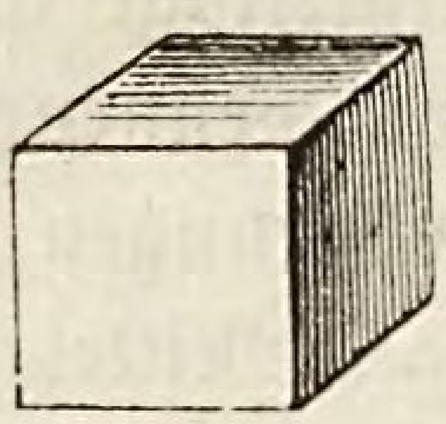
Fig. 1.



die Abbildung einer höchst feinen und empfindlichen Wage, wie solche zu genauen physikalischen und chemischen Untersuchungen dienen, und als eins der ersten und wichtigsten Grundgesetze ist hier auszusprechen, daß ein und derselbe Körper, unter übrigens gleichen Umständen, unabänderlich ein bestimmtes, sich gleichbleibendes Gewicht hat. So z. B. wiegt ein Kubikcentimeter Wasser, bei 4° C. gewogen, stets genau ein Gramm.

Wenn man die Gewichte eines gleichen Rauminhalts verschiedener Körper vergleicht, so erhält man höchst auffallende Unterschiede. Es ergibt sich, daß ein Kubikcentimeter Schwefel (Fig. 2) 2 Gramm wiegt, und daß ebenso große Würfel von Eisen 7 Gramm, von Blei 11 Gramm, von Gold 19 Gramm wiegen, während andererseits ein Kubikcentimeter von Weingeist nur $\frac{7}{10}$ Gramm und von Luft gar nur $\frac{1}{770}$ Gramm wiegt.

Fig. 2.



Man schließt aus diesem verschiedenen eigenthümlichen oder specifischen Gewichte der Körper, daß ein und derselbe Raum durch sehr ungleiche Massen von Materie erfüllt sein kann, daß es Körper von großer und geringer Dichte gibt.

Für den Chemiker ist die Berücksichtigung des Gewichts der Körper insofern von größter Wichtigkeit, als eine jede chemische Erscheinung von Veränderungen im Gewichte der dabei betheiligten Körper begleitet ist.

Wenn ein Loth Eisen, der feuchten Luft ausgesetzt, nach einiger Zeit durch und durch als eine Masse von Rost erscheint, so beträgt deren Gewicht jetzt $1\frac{1}{3}$ Loth. Wir schließen, daß im Verlaufe dieser Erscheinungen irgendeine Materie zu der des Eisens hinzugekommen sein muß. Wird dagegen, wie schon früher beschrieben wurde, ein Loth Kreide heftig geglüht, so wiegt das nach dem Erkalten Bleibende nur noch etwas über ein halbes Loth. Es ist hier also eine Materie entfernt worden, deren Abwesenheit zugleich als Grund der jetzt so gänzlich veränderten Eigenschaften des ge-

brannten Kalks erscheint. Indem wir ein Loth Kohle verbrennen, wird eine eigenthümliche Luftart, die Kohlensäure, erhalten, deren Gewicht über drei Loth beträgt.

Man sieht, daß hier sogleich Fragen von großer Bedeutung angeregt werden, nämlich bei Gewichtszunahmen des in Betrachtung genommenen Stoffs drängt es uns, zu wissen, was ist das Hinzugetretene, und woher kommt es? Bei Abnahme des Gewichts verfolgen wir das Ausgeschiedene, wir suchen zu erfahren, was es ist und was aus demselben wird.

Die chemischen Erscheinungen sind nicht von jeher mit Bezugnahme auf das Gewicht der betheiligten Körper beobachtet worden. Man wußte schon lange, daß Eisen an der Luft in Rost übergeht und daß man wieder Eisen erhält, wenn Rost mit Kohle zusammengeschmolzen wird. Allein daß im ersten Falle eine Zunahme und im letztern eine Gewichtsabnahme stattfindet, war lange gänzlich unberücksichtigt geblieben. Erst von dem Augenblicke an, als diese Vorgänge mit der Wage begleitet und hierdurch die Fragen über das Woher und Wohin angeregt und erörtert wurden, näherte man sich der richtigen Erkenntniß dieser chemischen Erscheinungen.

Die Einführung der Wage war einer der oben erwähnten bedeutungsvollen Schritte für die Entwickelung der wissenschaftlichen Chemie, und dieselbe ist seitdem die höchste und wichtigste Instanz in den chemischen Untersuchungen geworden: der Ausspruch ihrer Zunge gibt den Ausschlag in allen Processen. Von dem Augenblicke an, wo die Chemie im Verfolge ihrer Laufbahn in das Zeichen der Wage getreten war, hatte sie den sichern Boden festbegründeter Thatsachen erreicht, auf welchem unbewußt eine Stimme aus dem Innern ihr zurufen mußte: „In hoc signo vinces!"

4. Abgrenzung des chemischen Gebietes.

So sehen wir Raumerfüllung, Undurchdringlichkeit und Schwere als allgemeine Eigenschaft der Materie durch das ganze Weltall verbreitet. Fragen wir jedoch nach der nähern Beschaffenheit, nach der Qualität der Materie, aus welcher die Myriaden von Himmelskörpern bestehen, so sind wir hierüber in vollständiger Ungewißheit, selbst bei dem uns nächsten derselben, bei dem Monde.

Daß eine Atmosphäre manchen jener Himmelskörper fehlt, daß die Mehrzahl derselben selbständig Licht entwickelt, daß die mittlere Dichte der Planetenmaterie nicht sehr verschieden ist von der der Erde — dies ist ziemlich Alles, was wir von der Beschaffenheit der außerirdischen Materie wissen. Woher die auffallende Farbenverschiedenheit der Sterne und der öfter eintretende Farbenwechsel mancher derselben rührt, was der Lichtdunst der Kometen ist, darüber sind kaum Vermuthungen auszusprechen.

Wir werden daher zur nähern Erforschung der Eigenschaften der Materie aus den ungemessenen Welträumen zurück auf das Bereich unserer Erde gewiesen, und gegenüber der kosmischen Bedeutung der Physik und Astronomie erhält hierdurch die Chemie einen specifisch tellurischen Charakter.

Die Erde mit der ihr zugehörigen Atmosphäre ist als ein für sich abgegrenzter Theil der Materie zu betrachten, der weder an Masse noch an Beschaffenheit, weder an Quantität noch an Qualität eine nachweisbare Veränderung erleidet. Räumen wir ein, daß bei der raschen Umdrehung der Erde und ihrer großen Geschwindigkeit von vier Meilen in einer Secunde auch nur das kleinste Theilchen der Luft sich von ihr abreißen und in den Weltraum sich verlieren könnte, so würden wir längst aller Atmosphäre entbehren. Der Erdball, mit seiner Lufthülle zu verschiedenen Zeiten gewogen, würde keine Verminderung und keine Zunahme seines Gewichts erkennen lassen. Zwar fallen von Zeit zu

Zeit meteorische Massen von nicht unbeträchtlicher Anzahl und Schwere zur Erde, allein ihre Substanz gehörte wahrscheinlich schon vorher dem Bereiche ihrer Anziehungskraft, der Atmosphäre, an.

Wenn wir uns daher eine nähere Untersuchung der Erdmaterie zur Aufgabe machen, so darf uns der Grundsatz leiten, daß dieselbe ein abgeschlossenes Inventarium ist, zu welchem nicht plötzlich etwas Neues hinzukommen und aus welchem ebenso wenig auch nur das Mindeste spurlos verschwinden kann. Es entsteht hierdurch für unsere Versuche die Beruhigung, daß dieselben nicht durch plötzlich vom Himmel fallende, gänzlich neue Stoffe verwirrt werden können, während wir andererseits im Stande sind, die Erdmaterie in allen ihren wechselnden Zuständen und Gestaltungen zu verfolgen und zu controliren.

Die Verfolgung dieser Aufgabe ist dem Menschen nur innerhalb großer Beschränkung gestattet. In das Bereich der Atmosphäre kann er sich kaum eine Meile hoch erheben, was als der neunte Theil ihrer ganzen Höhe geschätzt wird. Allein die große Beweglichkeit der Luft gibt die Gewißheit ihrer gleichförmigen Mischung, und die Untersuchung derselben läßt sich als eine so ziemlich abgeschlossene ansehen.

Nicht minder schwierig ist die Verfolgung der Materie nach der entgegengesetzten Richtung, nach der Tiefe. Zwar setzt hier die bewegliche Masse des Meeres einen geringern Widerstand entgegen und bietet ebenfalls eine ziemliche Gleichförmigkeit der Mischung dar; allein das Eindringen in die feste Erde ist dafür mit um so größerer Mühe verknüpft. 14—1700 Fuß unter der Ebene des Meeresspiegels wird die größte Tiefe sein, bis zu welcher die gewinnsuchende Hand des Bergmanns mit Schachten eingedrungen ist. Die Wärme der aus tieferer Gegend aufsteigenden Quellen, sowie die Glut der aus dem Innern brechenden vulkanischen Ströme lassen jedoch auf einen feurig-flüssigen Zustand des

Erdkerns mit solcher Sicherheit schließen, daß hierdurch schon jeder Gedanke an eine Durchbohrung desselben abgeschnitten erscheint.

So bleibt denn hauptsächlich als dritte Richtung unserer Untersuchung die Ausbreitung derselben über die Erdoberfläche, und die Rastlosigkeit und Unermüdlichkeit des Menschen hat die unglaublichsten Schwierigkeiten und Gefahren überwunden, um dieses Feld nach allen Richtungen hin zu durchsuchen, freilich zunächst nicht mit den Blicken des Naturforschers. Nehmen wir die starren Eisregionen des Südpols und einige innere Gebiete schwer zugänglicher Continente, besonders Afrikas aus, so dürfen wir die Erdoberfläche als ein im Allgemeinen ziemlich erschöpftes Material der Untersuchung ansehen. Ueberraschende Thatsachen, vergleichbar den Entdeckungen des 15. und 16. Jahrhunderts, lassen sich nicht einmal in untergeordnetem Maßstabe wieder erwarten.

Nachdem wir in dem Vorhergehenden das Gebiet bezeichnet haben, innerhalb dessen dem Menschen die Erdmaterie zugänglich ist, so läßt schon der erste Blick die Verschiedenartigkeit derselben erkennen. Form, Farbe, Dichtigkeit, Geruch und Geschmack, kurz das ganze Resultat der Einwirkung auf unsere Sinne zeigt eine fast unendliche Mannichfaltigkeit der Gegenstände und ergibt sogleich das Bedürfniß der Eintheilung und Unterscheidung. Das Organische wird als Pflanzen- und als Thierreich von dem Unorganischen getrennt; das Letztere finden wir schon in dem Alterthume in die Elemente von Feuer, Wasser, Luft und Erde geschieden. Daß jedoch eine Eintheilung der Materie in starre, flüssige und luftförmige nur eine ganz relative Bedeutung habe, mußte sich bald aus der nähern Beobachtung ergeben. Diese zeigt, daß lediglich durch den Einfluß der Wärme jene Eigenschaften der Materie bestimmt werden, daß z. B. Wasser oder Schwefel fest, flüssig oder luftförmig sein können, je nach der ihnen verliehenen Temperatur. Festigkeit, Flüssig-

keit und Luftform werden daher nicht als absolute Grundeigenschaft der Materie, sondern nur als relative Zustände derselben angenommen.

5. Einfache Stoffe.

Es ist natürlich und wiederholt sich daher in der Entwickelungsgeschichte aller Naturwissenschaft, daß die ersten Beobachtungen und Versuche mit den einfachsten Mitteln gemächt werden, daß sie fast durchgehends dem Zufall angehören oder von ganz andern Absichten ausgehen als von dem Zwecke bewußter wissenschaftlicher Forschung. Nichtsdestoweniger finden wir in überraschender Weise schon früh von den griechischen Philosophen die Idee ausgesprochen, daß es nur eine einzige Art der Materie gäbe, aus welcher alles Vielerlei der Dinge sich entwickelt habe. Der Eine ließ aus dem Feuer, der Andere aus dem Wasser, und ein Dritter aus Aether die Körperwelt sich gestalten. Da jedoch diese Ansichten weder von genauen Beobachtungen oder Versuchen abgeleitet, noch nachträglich durch solche bestätigt worden sind, so haben sie keinen andern Werth als den allgemeiner Phantasien über das Wesen der Dinge. So sehr auch die Idee von der einzigen Materie durch ihre Einfachheit sich empfiehlt, so ist doch das thatsächliche Ergebniß aller Forschung bisjetzt weit entfernt, den Beweis für die Annahme einer solchen zu liefern. Dasselbe zeigt vielmehr, daß die Materie in einer bemerkenswerthen Anzahl von verschiedenen Grundformen auftritt, welche daher Grundstoffe, einfache Stoffe oder Elemente genannt worden sind. Dieselben lassen sich gewissermaßen das Alphabet der Körperwelt nennen, die Buchstaben, mit welchen das inhaltreiche Buch der Natur geschrieben ist.

Die Gegenstände, so wie man dieselben in der Natur antrifft, sind nun entweder einfache Stoffe, gewöhnlicher jedoch chemische Verbindungen von mehren einfachen

Stoffen, oder Gemische und Zusammenhäufungen der Vorhergehenden.

In Gemischen lassen sich die Bestandtheile derselben stets mehr oder weniger leicht durch die verschiedenen Sinne wahrnehmen und auf mechanische Weise voneinander trennen. Eine Menge unserer technischen Operationen haben zum Zweck die Trennung der in der Natur vorkommenden Gemenge oder Zusammenhäufungen.

6. Mechanische Trennung.

Wenn der Bergmann die Erze aus taubem Gestein bricht, und der gierige Goldwäscher Californiens den schweren Goldstaub ausschlemmt, wenn der Hammer des Mineralogen die verschiedenen Felsarten aus den Gesteinsmassen eines Gebirges schlägt und die krystallisirten Minerale aussondert, so sind dies mechanische Trennungen verschiedenartiger Gegenstände. Ebenso trennen wir die Faser des Flachses und Hanfes vom Holze des Stengels, die Lohrinde vom Stamme, die Körner des Getreides, den Rebensaft, den Zuckersaft auf mechanische Weise von den Stoffen, welchen sie beigesellt waren.

Während die genannten als grobe mechanische Operationen zu bezeichnen sind, ist es dem Anatomen sowol im Thier- als im Pflanzenreiche gelungen, mit Hülfe feiner Instrumente und von Vergrößerungsgläsern, welche den Blick um das Tausendfache verschärfen, höchst genaue mechanische Trennungen vorzunehmen. Es ist auf diese Weise der Pflanzenkörper in eine ganze Reihe von Bestandtheilen zerfällt worden, wie Holzfaser oder Zellgewebe, Stärke, Eiweiß, Blattgrün, Zellsaft, Oele, Harze u. s. w. Aus dem Thierkörper wurden Muskelfaser, Knochenmasse, Knorpel, Nervenmasse, Haut, Horn und Haare, Fett, Blut, Lymphe, Speichel, Magensaft und Galle u. s. w. als verschiedene Theile desselben getrennt.

Allein hiermit ist eine Grenze erreicht worden, wo die Untersuchung auf mechanischem Wege keine weitere Trennung zu bewerkstelligen vermag. Wäre sie das einzige uns zu Gebote stehende Verfahren, so würden alle die oben genannten Stoffe als einfache Grundstoffe angesehen werden müssen. Eine Pflanzenzelle, ein thierisches Häutchen, ein Krystall von Kalkspath, beliebig auf das feinste zertheilt und durch das beste Vergrößerungsglas betrachtet, lassen ebenso wenig verschiedene Theilchen in ihrer Masse erkennen, als dies bei einem Tropfen von reinem Wasser der Fall ist. Man scheint hier wirklich an dem Punkte angelangt, welchen der Dichter bezeichnet, da er sagt:

Geheimnißvoll am lichten Tag,
Läßt sich Natur des Schleiers nicht berauben,
Und was sie deinem Geist nicht offenbaren mag,
Das zwingst du ihr nicht ab mit Hebeln und mit Schrauben.

Der Chemiker ist dagegen der Ansicht, daß jetzt der Punkt erreicht ist, wo seine Thätigkeit beginnt, und er läßt sich daher aus der mechanischen Voruntersuchung den Inquirenten übergeben, der dort alles weitere Eindringen in sein Inneres hartnäckig verweigerte. Mit ganz andern und höchst eindringlichen Mitteln schreitet der Chemiker gegen das zu untersuchende Individuum vor, und es hat allerdings der nun eröffnete chemische Proceß insofern Aehnlichkeit mit dem alten peinlichen Verfahren, als der Chemiker kein Mittel scheut, um den Körper zur Antwort zu bringen, und als dieser unrettbar verloren ist, wenn er zum Geständniß gebracht wird, denn er ist vernichtet in dem Augenblicke, wo er den Untersuchungsmitteln erliegt.

Der Krystall von Kalkspath, den wir mechanisch nicht zerlegen können, vom Chemiker in eine Säure gelegt, entwickelt sogleich eine Menge von Luftbläschen: er gibt zu erkennen, daß er dieselben in sich verschlossen hielt; allein zugleich löst er sich in der Säure auf und ist verschwunden.

Es ist aus dem soeben Ausgeführten begreiflich, daß der Chemiker stets eine möglichst sorgfältige mechanische Untersuchung und Trennung der chemischen vorausgehen läßt. Er wird nicht ohne weiteres ein Stück Granit in den Tiegel oder in die Retorte werfen und seinen Agentien aussetzen, sondern vorerst die Glimmerblättchen, die Körnchen von Quarz und von Feldspath trennen, aus welchen der Granit gemengt ist, und erst diese chemisch untersuchen.

7. Charakteristik verschiedener Körper.

Bevor jedoch der als Gegenstand einer chemischen Untersuchung gewählte Körper dieser unterworfen wird, findet eine genaue Aufnahme seiner Eigenschaften statt. Das Untersuchungsprotokoll wird mit einer möglichst umfassenden Personalbeschreibung, mit dem Signalement des Gegenstandes eröffnet. Dasselbe wird gewöhnlich nach der folgenden Fragenreihe aufgestellt, die wir als Beispiel an einigen bekannten Stoffen, nämlich Wasser, Schwefel, Weingeist, Blei und Talg, beantworten, und dadurch eine Charakteristik derselben liefern wollen:

1) Ist der Körper bei gewöhnlicher Temperatur (von 15° R.) fest, flüssig oder luftförmig?

2) Wie groß ist seine Dichte oder sein specifisches Gewicht?

3) Wie verhält er sich gegen das Licht, und wie ist seine Farbe?

4) Welchen Geruch und Geschmack besitzt derselbe?

5) Welches Verhalten zeigt er gegen Elektricität und Magnetismus?

6) Welches Verhalten hat er in Beziehung auf die Wärme?

7) Welche chemische Constitution und Eigenschaften hat derselbe?

8) Woher erhalten wir den Körper?

Indem wir die oben genannten Stoffe diesen Fragen entsprechend beschreiben, werde angenommen, daß die Antwort auf die siebente Frage eben noch Gegenstand einer bevorstehenden Untersuchung sei und daher unerledigt bleibe.

Das Wasser ist flüssig, farblos, durchsichtig, geruch- und geschmacklos; seine Dichte wird als Einheit zur Vergleichung der Dichte der übrigen Körper angenommen; das Wasser leitet die Elektricität und wird durch den elektrischen Strom zersetzt; bei 0° R. wird es fest, bei 80° gasförmig; es ist einer der verbreitetsten Naturkörper, indem es zwei Drittel der Erdoberfläche bedeckt.

Der Schwefel ist fest, spröde, gelb von Farbe, geschmack- und geruchlos; zwei mal dichter als Wasser; durch Reiben wird er elektrisch, leitet aber nicht die Elektricität; er schmilzt bei 90° R., verwandelt sich bei 320° in Dampf und verbrennt mit blauer Flamme, unter Verbreitung eines erstickenden Geruchs; er findet sich als Mineral.

Der Weingeist ist flüssig, farblos, von geistigem Geruch und brennendem Geschmack; seine Dichte ist nur acht Zehntel von der des Wassers; er gefriert erst bei 70 Kältegraden; siedet schon bei + 62° R.; er brennt mit schwachleuchtender Flamme und ist ein Product der Gährung zuckerhaltiger Flüssigkeiten.

Das Blei ist fest, nicht sehr hart, dehnbar, grau, metallglänzend, geruch- und geschmacklos; es ist elf mal dichter als Wasser, leitet die Elektricität und wird vom Magnete nicht angezogen; bei 275° R. schmilzt es und verwandelt sich bei längerm Erhitzen an der Luft unter Gewichtszunahme in eine graue, pulverige Masse; es wird aus den bleihaltigen Erzen gewonnen.

Der Talg ist fest, nimmt jedoch den Eindruck des Fingers an, weiß, undurchsichtig, von schwachem, eigenthümlichem Fettgeruch und Geschmack; seine Dichte ist nur neun Zehntel von der des Wassers; erwärmt, schmilzt er bei + 40° R.; er ist brennbar, bei Abschluß der Luft erhitzt,

wird er zerstört, indem dabei eine ganze Reihe von Stoffen, unter diesen namentlich brennbare Gase, auftreten; er ist ein Product des Thierreichs.

Die gegebene Charakteristik ist zwar nicht hinreichend für die genaue wissenschaftliche Bestimmung, allein für den vorliegenden Zweck genügend, da sie eine Vorstellung von der bei chemischen Untersuchungen nothwendigen Feststellung der wesentlichsten Eigenschaften eines Körpers zu geben vermag.

8. Chemische Analyse.

Das Verfahren, welches der Chemiker einschlägt, um zu erfahren, ob in einem gegebenen Körper verschiedene Arten von Materien enthalten seien, wird die chemische Analyse genannt. Wie bei der Zerlegung eines verwickelten Satzes in seine Bestandtheile, oder bei der Auflösung eines zusammengesetzten mathematischen Ausdrucks in seine Glieder, Operationen, die ebenfalls als Analyse bezeichnet werden, ist es das Ziel des Chemikers, Art und Werth der Bestandtheile eines gegebenen Stoffs zu bestimmen und so bis zu den Grundstoffen oder Elementen zu gelangen, die keiner weitern Zerlegung mehr fähig sind. Die Analyse bildet daher die Grundlage der ganzen wissenschaftlichen Chemie, indem sie die für die theoretische Betrachtung entscheidenden Thatsachen liefert. Mit Recht hat ihr schon Goethe's tief in die Natur eindringender Geist diese Bedeutung in den Worten zuerkannt, die wir als die Richtung der neuern Chemie bezeichnend an die Spitze dieser Abhandlung gestellt haben.

Wie aus dem bereits Mitgetheilten hervorgeht, beginnt eine jede chemische Analyse damit, den Gegenstand der Untersuchung, soweit immer möglich, frei von jeder Beimischung anderer Stoffe zu erhalten, die auf mechanische Weise sich entfernen lassen. Wäre z. B. das Wasser der Gegenstand unserer Untersuchung, so würde gewiß das durch Schmelzen

des reinsten Schnees erhaltene Wasser geeigneter erscheinen als jedes Quellwasser, indem bei letzterm stets die Möglichkeit der Aufnahme von Stoffen aus dem Boden vorliegt.

Wenn nun allerdings gesagt worden ist, daß dem Chemiker die Anwendung eines jeden Mittels, das zum Ziele führt, recht ist, so befolgt er doch im Gange der Analyse eine gewisse Methode, indem er zuerst die einfachsten Mittel einwirken läßt, wodurch es ihm leichter wird, über den eintretenden Erfolg sich Rechenschaft zu geben.

Die Mittel der chemischen Analyse sind einerseits der Einfluß, welchen die Wärme, die Elektricität und das Licht auf den Gegenstand der Untersuchung äußern, und andererseits die Veränderungen, welche er durch die Einwirkung anderer Körper erleidet. Ein Stoff, der allen diesen Angriffen beharrlich widersteht, wird als ein unzerlegbarer Grundstoff angesehen. Von den genannten Angriffsmitteln oder Agentien haben die Wärme und die chemische Einwirkung die größte Bedeutung und werden von uns daher am meisten beachtet.

Wenn nun der in Untersuchung genommene Körper den auf ihn einwirkenden Mitteln nicht widersteht, wenn es gelingt, ihn in mehre verschiedene Bestandtheile zu zerlegen, so ist es klar, daß deren Gewicht zusammengenommen genau soviel betragen muß als das Gewicht des untersuchten Körpers. Derselbe wird daher vor Beginn der Untersuchung auf das sorgfältigste gewogen, und mit der Wage in der Hand überhaupt eine jede im Verlaufe der Analyse eintretende Erscheinung verfolgt.

Setzen wir den Gegenstand der Analyse der Einwirkung anderer Stoffe aus, so werden hierzu nur solche gewählt, über deren eigene Natur wir die vollständigste Gewißheit haben. Auch wird die größte Aufmerksamkeit auf manche sogenannte Nebenumstände gerichtet, die gleichwol von großer Wichtigkeit sein können. Man versichert sich z. B. bei der Untersuchung der festen Körper, daß sie keine Feuchtig-

keit aus der Luft angezogen hatten, als sie gewogen wurden. Man berücksichtigt ferner, ob und welchen Antheil die Alles umgebende atmosphärische Luft an den Erscheinungen der Untersuchung nimmt, der unter Umständen so bedeutend sein kann, daß man genöthigt ist, bei völligem Abschlusse der Luft zu operiren. Endlich ist es noch von Wichtigkeit, sich zu versichern, daß die Materie der Gefäße und Geräthschaften, die zur Ausführung der chemischen Arbeiten dienen, an den vorhergehenden Zersetzungen sich nicht betheiligt. Aus diesem Grunde werden die meisten chemischen Analysen in Gefäßen und Apparaten von Porzellan oder Glas vorgenommen, da diese den meisten Angriffsmitteln widerstehen. Ein äußerst werthvolles Material für chemische Geräthe ist das Platin, da es in der stärksten Weißglühhitze weder schmilzt noch sonst verändert wird, und nur wenige chemische Agentien eine Einwirkung auf dasselbe äußern. Mehre Fortschritte in der wissenschaftlichen Chemie datiren von der Zeit an, wo der Preis dieses Metalls sich so erniedrigte, daß dadurch eine allgemeinere Anwendung desselben zu chemischen Arbeiten möglich wurde.

9. Einfluß der Wärme.

Wir wollen nun zuerst den Einfluß der Wärme auf die Körper im Allgemeinen und dann insbesondere auf chemische Verbindungen schildern, und sogleich an Beispielen zeigen, welchen Vortheil der Analytiker hieraus zu ziehen weiß.

Das physikalische Gesetz über das Verhalten der Materie in Beziehung auf die Wärme ist das folgende: Ein jeder Körper wird durch die Wärme ausgedehnt. Wir können uns aber von einer Ausdehnung keine andere Vorstellung bilden, als daß die einzelnen Theile, welche die Masse eines Körpers ausmachen, weiter auseinanderrücken. Es kann alsdann der Fall eintreten, daß die Kraft, welche jene Theile zusammenhielt und die man Cohäsion oder Zusammenhangs-

kraft nennt, von der Ausdehnung überwunden wird, sodaß feste Körper flüssig und flüssige Körper luftförmig erscheinen. Man sieht ein, daß in beiden Fällen durch die Einwirkung der Wärme die Theile der Körper eine größere Beweglichkeit erhalten.

Wenn nun ein Körper aus verschiedenen Stoffen besteht, so kann die Möglichkeit eintreten, daß diese beim Erwärmen desselben, in Folge der ihnen alsdann verliehenen größern Beweglichkeit ihrer Theile, sich voneinander trennen, namentlich wenn sie an und für sich ein ungleiches Ausdehnungsvermögen besitzen.

Als Beispiel diene wiederholt die Kreide, welche aus einem luftförmigen Körper, der Kohlensäure, und aus einem festen, dem Kalk, besteht. Glüht man die Kreide, so dehnt sich der luftförmige Bestandtheil viel stärker aus als der feste; die Kraft, welche diese beiden Stoffe zusammengehalten hatte, wird überwunden, sodaß die Trennung eines Körpers in seine beiden Bestandtheile die Folge ist. Solcher Scheidungen, die allein durch die Einwirkung der Wärme verursacht werden, hat die Chemie eine große Anzahl aufzuweisen und es wird sich später Gelegenheit ergeben, noch ein weiteres Beispiel ausführlicher darzustellen.

Allein was der Wärme in der Chemie eine bei weitem ausgedehntere Rolle verschafft, ist der Umstand, daß sie nicht allein trennend, sondern auch vereinigend wirkt. Wenn 103 Loth Blei unter Zutritt von Luft längere Zeit geglüht werden, so erhält man eine gelbliche, pulverige Masse, sogenanntes Bleioxyd oder Bleiglätte, deren Gewicht 111 Loth beträgt. Es beruht dies darauf, daß ein in der Luft enthaltener Körper, Sauerstoff genannt, mit dem Blei sich vereinigt hat. Ganz ähnlich verhält sich das Kupfer. Man nehme 31 Loth blanker Feilspäne oder feiner Drehspäne von Kupfer und glühe dieselben längere Zeit an der Luft. Alsbald verschwindet die schöne rothe Farbe des Kupfers, man erhält eine spröde, schwarz gefärbte Masse, welche Kupfer-

oxyd genannt wird. Auch hier hat sich Sauerstoff mit dem Metall verbunden und die Wage belehrt uns, daß dabei das Gewicht der Masse sich um 8 Loth vermehrt hat. Die Kohle, ein bei gewöhnlicher Temperatur so wenig veränderlicher Körper, daß sie jahrtausendelang unverändert sich aufbewahren läßt, vereinigt sich ebenfalls bei einem gewissen Hitzegrade mit dem in der Luft vorhandenen Sauerstoff und bildet damit einen luftförmigen Körper. Es ist bekannt, daß alle Pflanzen- und Thierstoffe sich ähnlich verhalten, indem sie verbrennen.

Es ist möglich, daß in den gegebenen Beispielen den Theilchen des Bleis und der Kohle beim Erhitzen eine gewisse Beweglichkeit verliehen wird, die sie befähigt, mit dem in der Atmosphäre enthaltenen Sauerstoff in genauere Berührung zu kommen und mit demselben sich zu verbinden. Immerhin bleibt unsere Vorstellung über den Vorgang bei solchen Vereinigungen weniger klar als dies bei den durch die Wärme bewirkten Scheidungen der Fall ist. Man hat nämlich Beispiele, daß verschiedene luftförmige Körper, deren Theilchen an und für sich schon die größte Beweglichkeit haben, sich nur dann chemisch miteinander verbinden, wenn sie erhitzt werden. Wenn wir hierfür auch keine ausreichende Erklärung zu geben im Stande sind, so halten wir vorerst die Thatsache fest, daß die Wärme unzählige chemische Erscheinungen hervorruft, und daß daher der Chemiker vor allem es sich angelegen sein läßt, das Verhalten des zu untersuchenden Körpers beim Erhitzen zu prüfen.

Die vorhin erwähnte und von jeher bekannte Thatsache, daß alle Pflanzen- und Thierstoffe sich beim Erhitzen ähnlich verhalten, daß sie verbrennen und dabei scheinbar in ein Nichts zerfallen, hat schon frühe Vorstellungen über die Gleichartigkeit der Grundbestandtheile aller dieser Substanzen hervorgerufen. Allein erst durch die genauere Methode der neuern Analyse sind diese Vorstellungen in der Weise festgestellt worden, daß man Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauer-

stoff und Stickstoff als die vier Elemente erkannt hat, aus welchen die ganze Mannichfaltigkeit der organischen Gebilde besteht.

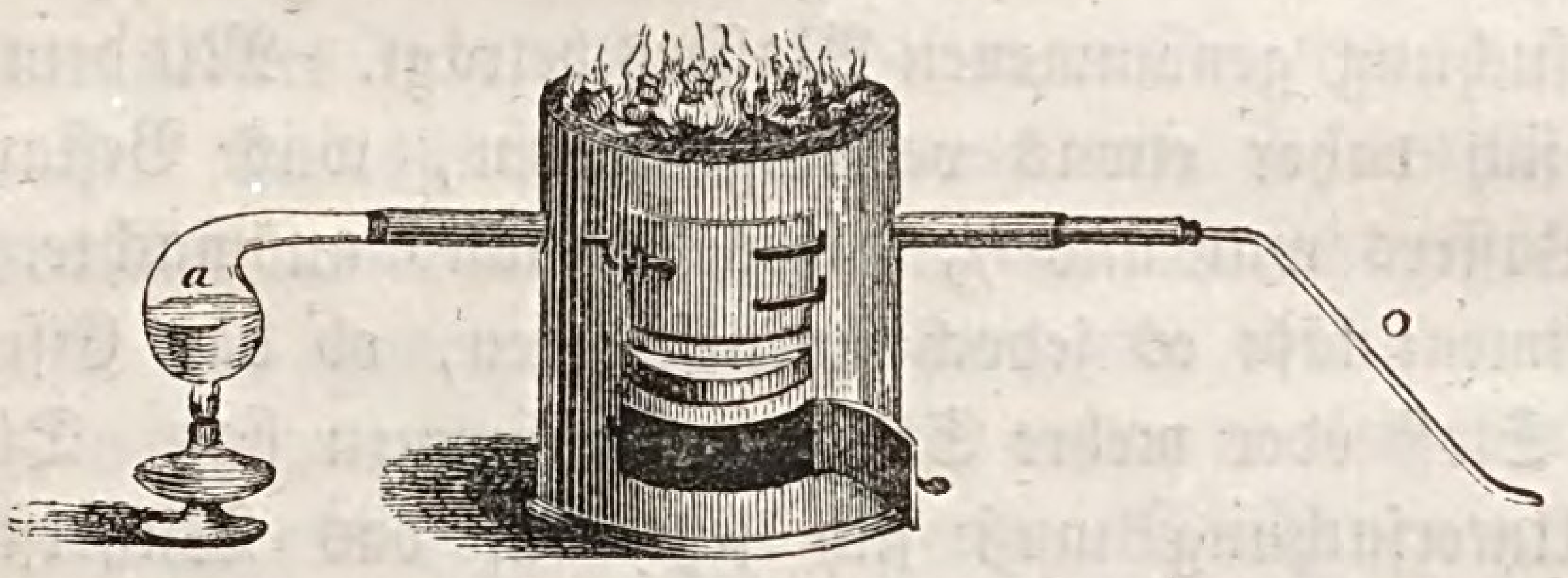
10. Analyse und Synthese in Beispielen.

Nachdem im Vorhergehenden der wichtige Einfluß der Wärme an sich gezeigt worden ist, soll nun die Analyse eines Körpers beschrieben werden, die durch Einwirkung eines andern Stoffs bewerkstelligt wird. Wir wählen als Gegenstand der Untersuchung das Wasser, das insofern besonderes Interesse darbietet, als dasselbe allgemein bekannt ist und nach der gewöhnlichen Vorstellung eins der vier Elemente sein soll.

Wenn man Wasser zum Sieden erhitzt, so verwandelt sich dasselbe in Dampf, der beim Erkalten sich wieder zu Wasser verdichtet. Allein ein ganz anderer Erfolg tritt ein, wenn der Wasserdampf über ein glühendes Metall geleitet wird, etwa nach dem folgenden Verfahren.

Ein Loth reinen Wassers wird in ein passendes Glasgefäß, etwa in ein kleines Retörtchen a (Fig. 3) gebracht, das

Fig. 3.



luftdicht mit einer Glasröhre verbunden ist, welche wagerecht in einem Ofen liegt, sodaß sie erhitzt werden kann. Diese Glasröhre enthält eine vor dem Versuche genau gewogene Menge von reinem Eisen, z. B. gewundenen Klavierdraht. Nachdem man die Glasröhre sammt dem Eisendrahte zu schwachem Rothglühen erhitzt hat, bringt man

das in der Retorte erhitzte Wasser zum Sieden, sodaß die entstehenden Dämpfe ihren Weg durch die Glasröhre und über das glühende Eisen nehmen müssen. Es wird alsdann kein Wasserdampf aus der Röhre entweichen, sondern ein luftförmiger Körper, der, in einer geeigneten Vorrichtung aufgefangen, gemessen und gewogen werden kann. Aus einem Lothe des zur Analyse verwendeten Wassers erhält man $1/9$ Loth dieses luftförmigen Körpers, welchem der Name Wasserstoffgas ertheilt worden ist. Dieses Gas hat sehr charakteristische Eigenschaften, indem es 14 mal leichter als gewöhnliche Luft, dabei farb- und geruchlos ist, sich entzünden läßt und mit einer schwach leuchtenden, aber sehr heißen Flamme vollständig verbrennt. Wenn nach dem Erkalten des Apparats das Eisen aus der Glasröhre genommen und gewogen wird, so hat sein Gewicht um $8/9$ Loth zugenommen.

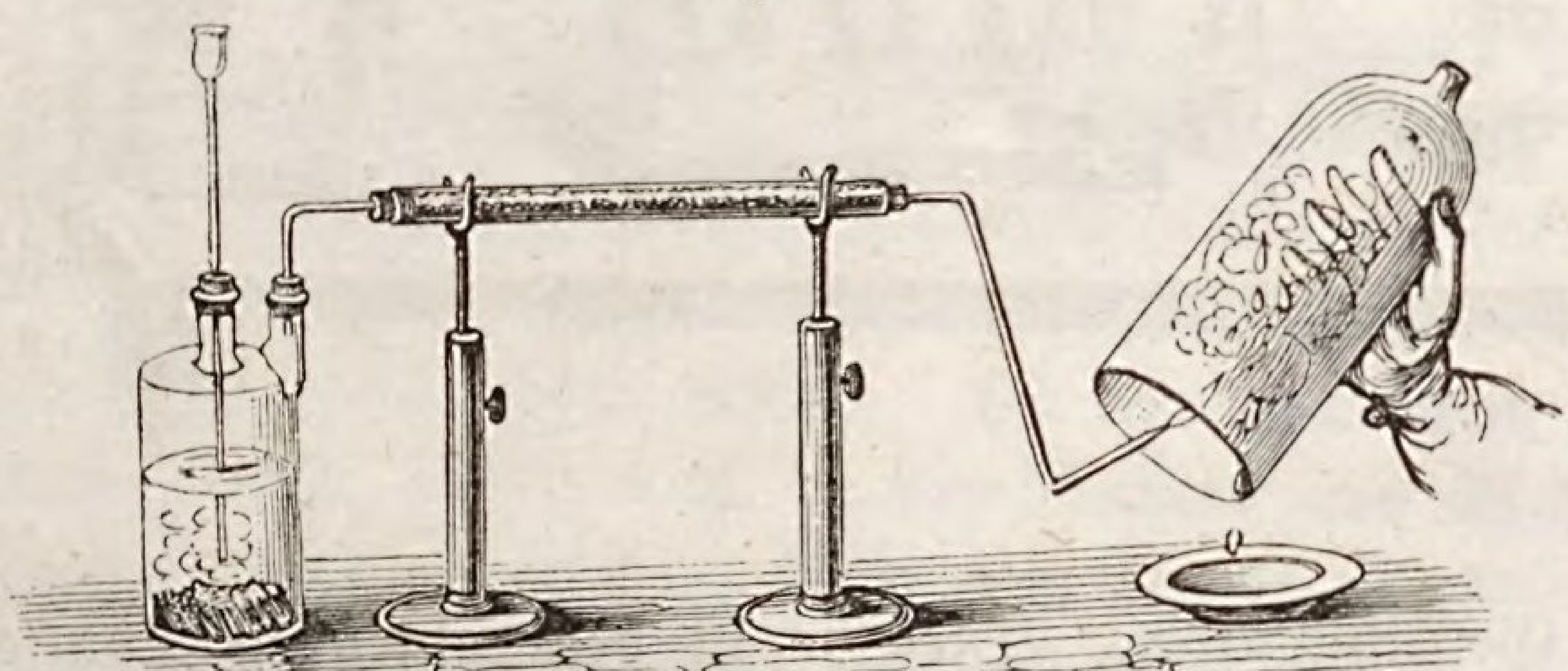
Wir schließen aus diesem Versuche, daß das Wasser kein einfacher Körper ist, daß in Berührung mit glühendem Eisen die Bestandtheile desselben sich trennen, daß einer dieser letztern, der $1/9$ vom Gewichte des Wassers ausmacht, ein leichtes, brennbares Gas ist, und daß endlich die Gewichtszunahme des Eisens gerade die übrigen $8/9$ des in Untersuchung genommenen Wassers beträgt. Mit dem Eisen muß sich daher etwas vereinigt haben, was Bestandtheil des Wassers war und $8/9$ seines Gewichts ausmachte. Das Experiment läßt es jedoch unentschieden, ob das Eisen nur einen Stoff oder mehre Stoffe aufgenommen hat. Die weitere Untersuchung muß sich jetzt auf das Wasserstoffgas und auf die Ergründung des mit dem Eisen Vereinigten erstrecken.

Es werde nur das Erstere weiter verfolgt und dabei der Weg der Synthese eingeschlagen, eine Methode, nach welcher man eine chemische Verbindung aus ihren getrennten Bestandtheilen wieder zusammenzusetzen sucht. Es erhält hierdurch das durch die Analyse gefundene Resultat die vollste

und überzeugendste Beweiskraft, sodaß der Chemiker, wo immer möglich, die beiden Beweise für die chemische Constitution eines Körpers in Ausführung zu bringen hat.

Wir nehmen als bereits festgestellte Thatsache an, daß die atmosphärische Luft ein Gemenge von zwei Luftarten ist, welche Stickstoffgas und Sauerstoffgas genannt worden sind. Wenn nun das nach oben beschriebener Weise durch Zerlegung des Wassers erhaltene Wasserstoffgas in trockener Luft angezündet und über die Flamme eine Glasglocke gehalten wird, so schlägt sich das entstehende Wasser an deren Wänden nieder und fließt tropfenweise in ein untergestelltes Gefäß (Fig. 4). Gleichzeitig nimmt während des Brennens

Fig. 4.

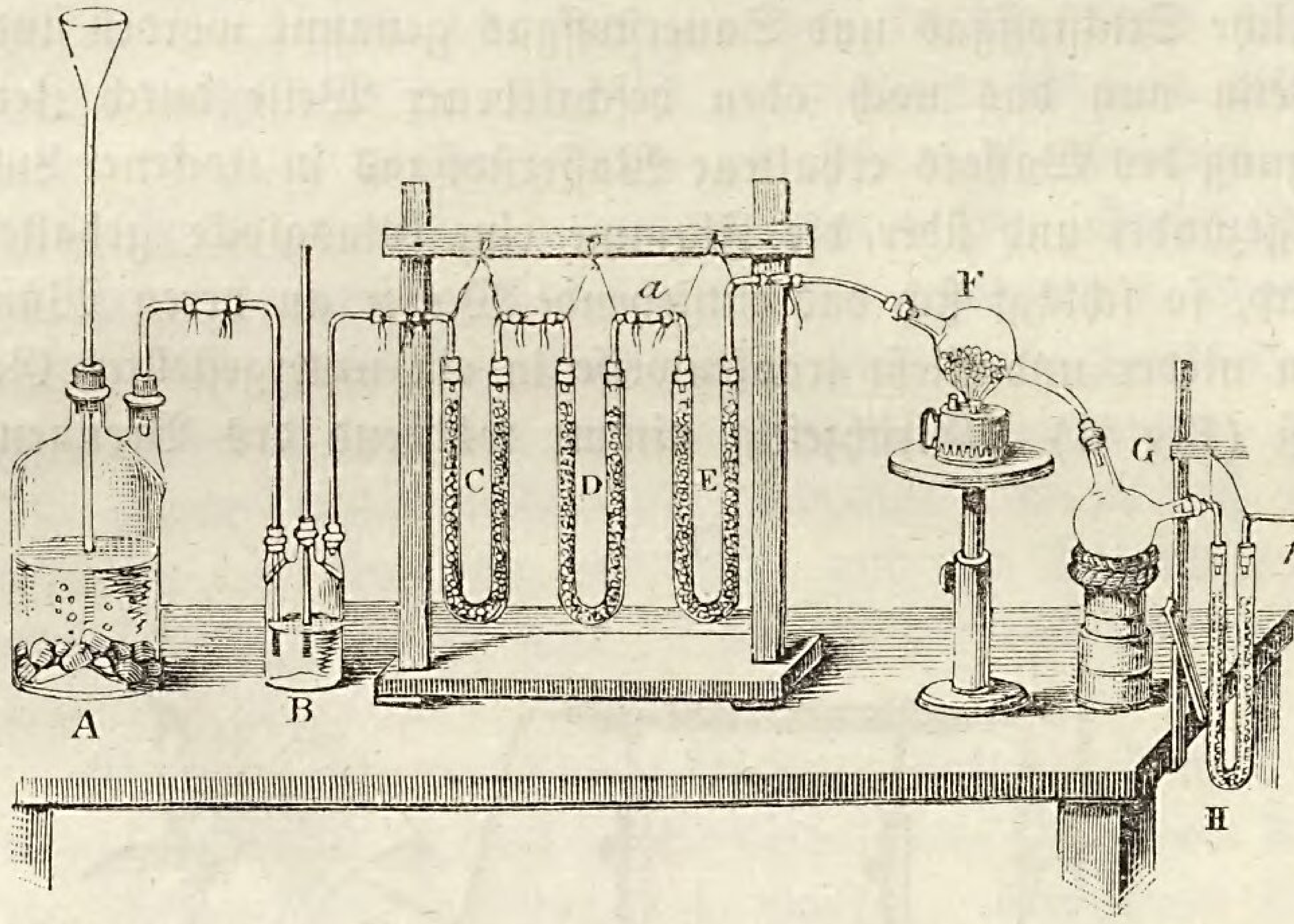


die Menge des in der Luft enthaltenen Sauerstoffs fortwährend ab. Es läßt sich dieses Experiment so einrichten, daß alles dabei zum Vorschein kommende Wasser genau angesammelt und gewogen werden kann, und es findet sich alsdann, daß $^1/_9$ Loth Wasserstoffgas, wenn es verbrannt wird, genau wieder 1 Loth Wasser liefert. Wir haben nun allen Grund, zu schließen, daß auch die übrigen $^8/_9$ von dem in Untersuchung genommenen Loth Wasser aus einem luftförmigen Körper, nämlich aus Sauerstoffgas, bestehen.

Die Synthese oder Wiederzusammensetzung des Wassers läßt sich aber höchst genau noch auf eine andere Weise bewerkstelligen, und es soll dieser hier eine ausführlichere Beschreibung gewidmet werden, weil dieselbe Gelegenheit bietet,

dem Leser einen Blick in die chemische Methode und in die dazu verwendeten Apparate und Hülfsmittel thun zu lassen. Man erblickt in Fig. 5 eine ziemlich complicirte Aufstellung

Fig. 5.



von Geräthschaften. Dieselbe ist den folgenden Thatsachen und Schlußfolgerungen entsprechend eingerichtet. Wir wissen aus dem früher angeführten Experiment, daß der Wasserstoff ein Neuntel vom Gewichte des Wassers ausmacht; ferner haben wir eine Verbindung von Sauerstoff mit Kupfer kennen gelernt, nämlich das schwarze Kupferoxyd (s. S. 29). Dasselbe besteht aus 31 Gewichtstheilen Kupfer und aus 8 Gewichtstheilen Sauerstoff. Endlich hat die Erfahrung gezeigt, daß der Wasserstoff, sobald er mit erhitztem Kupferoxyd zusammenkommt, diesem den Sauerstoff entzieht und mit demselben zu Wasser sich verbindet.

Verschaffen wir uns demnach reines Wasserstoffgas, leiten wir dasselbe über genau gewogenes und erhitztes Kupferoxyd, sammeln wir sorgfältig alles dabei entstehende Wasser und wiegen dasselbe, so erhalten wir hieraus die Zusammen-

setzung des Wassers. A ist eine Flasche, die Zink, Wasser und Schwefelsäure enthält, ein Gemisch, aus welchem eine große Menge von unreinem Wasserstoffgas sich entwickelt. Dasselbe wird durch die zweite Flasche B, sowie durch die gebogenen Glasröhren C, D, E geleitet, worin verschiedene Stoffe sich befinden, die zur Reinigung des Wasserstoffs dienen, sodaß derselbe vollkommen rein und trocken in das Gefäß F tritt, in welchem das Kupferoxyd durch eine kleine Lampe erhitzt wird. Das sich bildende Wasser wird in den vorher gewogenen Gefäßen G und H verdichtet und gesammelt, und durch deren Gewichtszunahme seine Menge gefunden.

Hat man z. B. in das Kölbchen F 39 Gramm Kupferoxyd gebracht und diesem auf die oben beschriebene Weise allen Sauerstoff entzogen, so wird nach Vollendung des Versuches jenes Kölbchen 31 Gramm metallisches Kupfer enthalten. In dem Kölbchen G und in der Röhre H wird man dagegen 9 Gramm Wasser finden. Da wir nun schon aus frühern Versuchen wissen, daß $1/9$ des Wassers aus Wasserstoff besteht — ferner, daß die 8 Gramm des im Kupferoxyd enthalten gewesenen Sauerstoffs sich mit Wasserstoff verbunden und 9 Gramm Wasser geliefert haben, so ergibt sich hieraus aufs genaueste die chemische Zusammensetzung des Wassers.

Es ist also nach dem Vorhergehenden die Zusammengesetztheit des Wassers nicht allein dadurch bewiesen, daß dasselbe in seine Bestandtheile zerlegt wurde, sondern auch, indem man es aus eben diesen Bestandtheilen wiederherstellte. Weiter fortgesetzte Untersuchungen haben dann gezeigt, daß Wasserstoffgas und Sauerstoffgas einfache Stoffe sind, aus welchen keine weitern Bestandtheile abgeschieden werden können.

Wir wollen der Untersuchung des Wassers noch eine andere hinzufügen, bei welcher nur solche Körper auftreten, die allgemein bekannt sind.

Die Darstellung der schönen feurigrothen Farbe, welche Zinnober genannt wird, geschieht in Fabriken auf folgende Weise: 16 Gewichtstheile Schwefel werden geschmolzen, sodann nach und nach 100 Gewichtstheile Quecksilber hinzugesetzt, wodurch eine schwarze Masse entsteht. Man legt diese auf den Boden eines irdenen Krugs, der bedeckt und von unten längere Zeit erhitzt wird. Beim Zerschlagen des Krugs findet man nachher an seinem obern Theile eine rothe Masse sitzen, die, fein zerrieben, den Zinnober darstellt. Bei gelungener Arbeit erhält man an Gewicht so viel Zinnober, als das Gewicht des angewendeten Schwefels und Quecksilbers zusammen beträgt, und man hat daher allen Grund, überzeugt zu sein, daß Schwefel und Quecksilber die Bestandtheile des Zinnobers sind.

Diesen synthetischen Beweis vervollständigen wir aber noch durch einen analytischen, indem wir 116 Gewichtstheile Zinnober mit 28 Gewichtstheilen Eisenfeile vermischen und in einer Retorte erhitzen. Man erhält alsdann in der Vorlage 100 Gewichtstheile metallischen Quecksilbers, während in der Retorte eine schwarze Masse zurückbleibt, deren Gewicht 44 Gewichtstheile beträgt, da sie außer den 28 Gewichtstheilen des zugesetzten Eisens die 16 Gewichtstheile Schwefel enthält, welche mit dem Quecksilber den Zinnober gebildet hatten.

11. Grundgesetze der Chemie.

Es wäre leicht, die oben gegebenen Beispiele der Trennung und Zusammensetzung chemischer Verbindungen noch durch Hunderte zu vermehren. Es könnten sogar Beispiele hinzugefügt werden, wo das Verfahren der Analyse und der Synthese noch einfacher und leichter auszuführen ist, als dies hinsichtlich des Wassers und des Zinnobers der Fall war. Allein wir müssen darauf verzichten, weil der Leser die meisten Stoffe, von welchen alsdann die Rede sein würde, kaum

dem Namen nach kennt, sodaß er sich dabei doch nichts denken kann und in seiner Anschauung eher verwirrt als gefördert erscheint. Wasser, Zinnober, Schwefel, Quecksilber, Kupfer — dieses sind allgemein bekannte Stoffe, und es läßt sich daher erwarten, daß chemische Processe, in welchen diese Körper eine Rolle spielen, leichter zu verfolgen und zu verstehen sind.

Aus unendlich vielen, mit der größten Sorgfalt und von den verschiedensten Chemikern übereinstimmend ausgeführten Analysen haben sich nun einige allgemeine Thatsachen ergeben, aus welchen nicht nur die leitenden Grundsätze bei analytischen Arbeiten, sondern auch die chemischen Grundgesetze abgeleitet werden.

1) Die einfachen Stoffe verbinden sich miteinander in bestimmten Gewichtsverhältnissen.

2) Das Gewicht der einzelnen Bestandtheile, in welche ein Körper zerlegt worden ist, zusammengenommen, muß genau so viel betragen, als das Gewicht des der Analyse unterworfenen Körpers.

3) Das Gewicht eines aus verschiedenen Bestandtheilen zusammengesetzten Körpers muß gleich der Summe des Gewichts jener Bestandtheile sein.

Wie oben gezeigt wurde, zerfiel ein Loth Wasser in $^1/_9$ Loth Wasserstoffgas und in $^8/_9$ Loth Sauerstoffgas, das mit dem Eisen sich vereinigte. Sodann nahm ein Gramm Wasserstoffgas aus dem Kupferoxyd (Fig. 5) acht Gramm Sauerstoffgas auf und bildete damit neun Gramm Wasser.

Dem ersten dieser chemischen Grundsätze müssen wir noch eine wesentliche Erweiterung hinzufügen.

In dem Vorhergehenden haben wir die Zusammensetzung der folgenden chemischen Verbindungen kennen gelernt:

	Gewichtstheile		Gewichtstheile
Kupfer	31	Blei	103
Sauerstoff . . .	8	Sauerstoff . . .	8
1) Kupferoxyd . . .	39	2) Bleioxyd . . .	111

	Gewichtstheile		Gewichtstheile
Wasserstoff . . .	1	Schwefel . . .	16
Sauerstoff . . .	8	Quecksilber . .	100
3) Wasser.	9	4) Zinnober . . .	116

Es läßt sich aus diesen einfachen Stoffen jedoch noch eine weitere Reihe chemischer Verbindungen darstellen, indem man einen Wechsel ihrer Gruppirung bewerkstelligt. So z. B. kann Schwefel sowol mit Wasserstoff als auch mit Kupfer und Blei sich verbinden. Man hat solche Verbindungen der Analyse unterworfen und die folgende Zusammensetzung derselben gefunden:

	Gewichtstheile		Gewichtstheile
Kupfer	31	Blei	103
Schwefel . . .	16	Schwefel . . .	16
5) Schwefelkupfer .	47	6) Schwefelblei . .	119

	Gewichtstheile
Wasserstoff	1
Schwefel	16
7) Schwefelwasserstoff . . .	17.

Es fällt hier gewiß die merkwürdige Thatsache leicht in die Augen, daß Kupfer, Blei und Wasserstoff genau in denselben gegenseitigen Gewichtsverhältnissen von 31, 103, 1 mit Schwefel verbunden erscheinen, in welchen sie vorher mit Sauerstoff vereinigt waren.

Vergleichen wir die Reihe der Sauerstoffverbindungen 1, 2, 3 mit der der Schwefelverbindungen 5, 6, 7, so besteht zwischen beiden nur der Unterschied, daß in der letztern Reihe je 16 Gewichtstheile Schwefel an die Stelle von je 8 Gewichtstheilen Sauerstoff getreten sind und diesen ersetzt haben.

Die Analyse hat uns die Zahlenverhältnisse gegeben, in welchen die obigen Stoffe sich miteinander verbinden und

sich gegenseitig vertreten. Diese Zahlen haben daher den Namen der chemischen **Aequivalente**, von aequus, gleich, und valor, Werth, erhalten.

Nehmen wir nun einen neuen, seither nicht genannten Stoff, das **Chlor**. Sein Aequivalent, d. h. das Gewichtsverhältniß, in dem es sich mit den einfachen Stoffen verbindet, sei uns gänzlich unbekannt. Man analysirt nun z. B. eine Verbindung des Chlors mit Quecksilber und findet die folgende Zusammensetzung:

	Gewichtstheile
Quecksilber	100
Chlor	35
8) Chlorquecksilber	135.

Vergleicht man diese Zusammensetzung mit der unter Nr. 4 gegebenen des Zinnobers, so ergibt es sich, daß 35 Gewichtstheile Chlor das Aequivalent für 16 Gewichtstheile Schwefel sind. Es ist somit auch bekannt, in welchem Gewichtsverhältniß das Chlor mit den übrigen der oben genannten Stoffe sich verbindet, und ohne daß eine Analyse gemacht wird, kann mit Sicherheit vorhergesagt werden, daß je 35 Gewichtstheile Chlor sich mit 31 Gewichtstheilen Kupfer, 103 Blei, 1 Wasserstoff, 8 Sauerstoff und 16 Schwefel verbinden werden. Die Erfahrung bestätigt dieses vollkommen.

Endlich werde noch ein chemisches Grundgesetz hier angedeutet, das namentlich für die theoretische Chemie eine große Wichtigkeit hat.

Nehmen wir an, daß zwei einfache Stoffe sich im Verhältnisse ihrer Aequivalentenzahlen miteinander chemisch verbunden haben, z. B. 16 Gewichtstheile Schwefel mit 8 Gewichtstheilen Sauerstoff, welche zusammen eine chemische Verbindung bilden, die **unterschwefelige Säure** genannt wird. Ist es nun möglich, daß diese Verbindung mit noch einer weitern Menge eines ihrer Bestandtheile, z. B. mit noch mehr Sauerstoff, sich verbinden kann? Dieses ist allerdings der Fall, wie aus der Analyse verschiedener Verbindungen

des Schwefels mit Sauerstoff hervorgeht, deren Zusammensetzung nachstehend angegeben ist:

	Gewichtstheile Schwefel	Sauerstoff
1. Unterschwefelige Säure . .	16	8
2. Schwefelige Säure	16	16
3. Schwefelsäure	16	24.

Das sehr Auffallende hierbei ist der große Sprung in der Sauerstoffmenge von der ersten zur zweiten und von dieser zur dritten der genannten Verbindungen. Indem zu der unterschwefeligen Säure noch mehr Sauerstoff hinzutritt, entsteht nicht etwa eine Verbindung von 16 Schwefel mit 9, 10 oder 11 u. s. w. Gewichtstheilen Sauerstoff, sondern es springt dessen Menge sogleich von 8 auf das Doppelte, nämlich 16, und bei der Schwefelsäure auf das Dreifache der Aequivalentenzahl, nämlich auf 24.

Aus einer sehr großen Reihe von chemischen Verbindungen, die dem angeführten Gange entsprechen, ist daher das folgende Gesetz der **multiplen Verbindungen** abgeleitet worden:

Wenn eine Verbindung von zwei einfachen Stoffen sich mit noch weitern Mengen eines ihrer Bestandtheile zu neuen Verbindungen vereinigen kann, so sind die hinzutretenden Mengen das **Zweifache**, **Dreifache** — überhaupt das **Mehrfache** (**Multiplum**) — von der in jener Verbindung bereits vorhandenen Menge dieses Stoffs.

12. Die einfachen Stoffe und ihre Eintheilung.

Nachdem wir nun den Begriff der Materie an sich, die Bedeutung ihres Gewichts für den Chemiker, sodann die Begriffe der einfachen, der chemisch zusammengesetzten und der blos mechanisch gemengten Materie festgestellt und die Methode der chemischen Untersuchung, die Analyse, erklärt und durch Beispiele erläutert, sowie einige der wichtigsten Grundgesetze abgeleitet haben, möchte es an der Zeit sein,

über die eigentliche Ursache der chemischen Erscheinungen zu sprechen und namentlich die Erklärung der Thatsache zu geben, daß die verschiedenen Stoffe immer in gewissen bestimmten Gewichtsverhältnissen sich miteinander verbinden, wie z. B. das Wasser nie anders als aus $^1/_9$ Wasserstoff und aus $^8/_9$ Sauerstoff zusammengesetzt gefunden wird.

Allein der Leser, den wir im Ganzen als mit der Chemie wenig vertraut uns vorstellen, wird nach dem seitherigen längern Wege durch allgemeinere Betrachtung gern die Bekanntschaft der einfachen chemischen Stoffe zu machen wünschen, und wie unvollkommen dies auch durch eine nur in der Kürze gestattete Charakteristik geschehen kann, so läßt sich doch ohne dieselbe auf die Grundgesetze der Chemie nicht ausführlicher eingehen. Man kennt bisjetzt 62 einfache Stoffe oder chemische Elemente. Indem wir die Namen derselben folgen lassen, erscheinen sie zugleich nach gewissen Eigenschaften in mehre Gruppen vertheilt. Es ist ferner einem jeden Stoffe eine Zahl beigesetzt, welche das Aequivalent desselben ausdrückt. Endlich wird einem jeden Namen sein chemisches Zeichen hinzugefügt, das aus einem großen lateinischen Buchstaben besteht, dem mitunter ein kleiner beigesellt ist. Ueber die Bedeutung dieser Zeichen wird später noch ausführlicher gesprochen.

Erste Abtheilung.

Metalloide.

Dieselbe wird von solchen Stoffen gebildet, welchen die metallischen Eigenschaften fehlen, indem sie keinen Metallglanz haben und die Elektricität nicht leiten. Es gehören hierher 15 einfache Stoffe, nämlich:

	Zeichen	Aequivalent
1. Sauerstoff oder Oxygenium . .	O . .	8
2. Wasserstoff oder Hydrogenium	H . .	1
3. Stickstoff oder Nitrogenium . . .	N . .	14

	Zeichen	Aequivalent
4. Chlor	Cl	35
5. Jod	I	127
6. Brom	Br	80
7. Fluor	Fl	19
8. Schwefel	S	16
9. Selen	Se	39
10. Tellur	Te	64
11. Phosphor	P	32
12. Arsen	As	75
13. Kohlenstoff oder Carbon	C	6
14. Kiesel oder Silicium	Si	22
15. Bor	B	10

Zweite Abtheilung.

Metalle.

Die hierher gehörigen Stoffe bilden die Mehrzahl in der Elementenreihe. Sie haben Metallglanz und leiten die Elektricität. In ihren übrigen Eigenschaften zeigen sie jedoch bedeutende Unterschiede, sodaß man dieselben in mehre Unterabtheilungen gebracht hat.

A. Leichte Metalle.

Man findet solche Metalle niemals in gediegenem Zustande, sondern stets mit andern Stoffen verbunden. Sie haben ein geringes specifisches Gewicht, indem einige derselben sogar leichter sind als Wasser. Obgleich dieselben in der Natur sehr verbreitet sind, so gelang es doch erst seit wenig Jahren, dieselben in metallischem Zustande darzustellen, was Ursache ist, daß dem Leser, der nicht Chemiker ist, deren Namen kaum jemals zu Ohren gekommen sein mögen. Die Verbindungen leichter Metalle

haben vielfache und wichtige Anwendungen in den Gewerben, und unterscheiden sich in mehre Gruppen.

a. Gruppe der Alkalimetalle.

	Zeichen	Aequivalent
16. Kalium	Ka	29
17. Natrium	Na	23
18. Lithium	Li	6

b. Gruppe der Erdalkalimetalle.

19. Barium	Ba	68
20. Calcium	Ca	20
21. Strontium	Sr	43

c. Gruppe der Erdmetalle.

22. Magnesium	Ma	12
23. Aluminium	Al	13
24. Glycium	Gl	?
25. Zirkonium	Zr	22
26. Yttrium	Y	?
27. Thorium	Th	59
28. Cerium	Ce	47
29. Lanthan	La	47
30. Didym	D	50
31. Erbium	E	?
32. Terbium	Tb	?

B. Schwere Metalle.

Im Gegensatze zu den oben genannten werden die schweren Metalle hauptsächlich in metallischem Zustande benutzt, daher ihre Namen und Eigenschaften ziemlich allgemein bekannt sind. Auch findet sich eine Anzahl derselben in der Natur in metallischem Zustande oder gediegen. Sie sind die gewichtigsten Naturkörper, denn es gibt deren, die 6 mal und sogar 22 mal mehr wiegen als ein gleicher Raumtheil Wasser. Die große Anzahl derselben wird abermals in zwei

Gruppen gebracht, nämlich in unedle Metalle, die an der Luft ihren Glanz verlieren und nur selten gediegen gefunden werden, und in edle Metalle, die ihren Glanz behalten und meist gediegen angetroffen werden.

a. Gruppe der unedeln Metalle.

	Zeichen	Aequivalent
33. Eisen oder Ferrum	Fe	28
34. Mangan	Mn	27
35. Kobalt	Co	29
36. Nickel	Ni	29
37. Chrom	Cr	26
38. Vanad	V	68
39. Zink	Z	32
40. Cadmium	Cd	56
41. Titan	Ti	25
42. Uran	U	60
43. Wolfram	W	92
44. Molybdän	Mo	46
45. Tantal	Ta	184
46. Niobium	Nb	?
47. Pelopium	Pp	?
48. Ilmenium	Il	?
49. Zinn oder Stannum	St	58
50. Antimon oder Stibium	Sb	129
51. Blei oder Plumbum	Pb	103
52. Wismuth oder Bismuthum	Bi	106
53. Kupfer oder Cuprum	Cu	31

b. Gruppe der edeln Metalle.

54. Quecksilber oder Hydrargyrum	Hg	100
55. Silber oder Argentum	Ag	100
56. Rhodium	Rh	52
57. Osmium	Os	99
58. Iridium	Ir	99
59. Ruthenium	Ru	52

	Zeichen	Aequivalent
60. Palladium	Pd . .	53
61. Platin	Pt . .	98
62. Gold oder Aurum	Au . .	98

13. Ungleichheit in Verbreitung und Wichtigkeit.

Also „Zweiundsechzig Elemente!" hören wir den Laien verwundert ausrufen, nachdem er sich durch die vorstehenden, zum Theil eben nicht harmonisch klingenden Namen hindurchgearbeitet hat — ist dieses die gepriesene Einfachheit, zu welcher die Chemie der Gegenwart uns hinführt, welche die Zahl der einfachen Stoffe seit den letzten zehn Jahren wieder um ebenso viel Namen vermehrt hat? Welche Untersuchungsacten stehen da bevor, wenn wir fürchten müssen, in einem Körper, der untersucht wird, etliche sechzig verschiedene Stoffe eingeschachtelt zu finden!

Der Chemiker zuckt etwas verlegen die Achsel; allein er kann nicht helfen: es ist nun einmal so. Doch kann er dem ob der zweiundsechzigfachen Einfachheit erschrockenen Leser einigen Muth einsprechen in Folgendem: Erstlich sind diese Stoffe in so außerordentlich ungleichem Verhältnisse in der Natur vertheilt, daß die Hälfte derselben als wahre Seltenheiten anzusehen, selbst dem Chemiker von Fach schwer zugängliche und kostbare Raritäten bleiben. Wir brauchen daher keineswegs zu fürchten, bei jedem chemischen Versuche, den anzustellen wir etwa Lust haben, gleich mit der ganzen Legion der Elemente uns herumschlagen zu müssen.

Die Natur ist allerdings einfach in ihren Mitteln und Gesetzen. Die meisten, mechanisch nicht weiter in Verschiedenes trennbaren Körper enthalten nur zwei bis vier verschiedene Elemente. Chemische Verbindungen, die sechs bis sieben einfache Stoffe enthalten, sind selten. Indessen gibt es manche Minerale, die Gemische aus mehren chemischen Verbindungen sind und zwölf bis funfzehn verschiedene Be-

standtheile enthalten, und deren Untersuchung allerdings keine geringe Schwierigkeit darbietet.

In dem oben gegebenen Verzeichnisse sind die Namen der häufiger vorkommenden und daher wichtigern Stoffe durch gesperrte Schrift ausgezeichnet worden. Rechnen wir die Stoffe, welchen diese Bezeichnung in unserer Aufstellung fehlt, ab, so bleiben im Ganzen fünfunddreißig für die Erscheinungen der Wissenschaft sowol als die Bedürfnisse des Lebens mehr oder weniger wichtige Stoffe. Auch selbst unter diesen sind noch manche, die ziemlich selten oder von beschränkter Anwendung sind, wie z. B. das Brom, das Fluor, das Bor, das Strontium und das Wismuth. Andere sind dafür um so wichtiger, sowol durch die allgemeine Verbreitung als auch durch die Masse, in der sie auftreten. Hierher gehören in erster Linie: Sauerstoff, Stickstoff, Kiesel, Calcium, Aluminium, und in zweiter Linie: Wasserstoff, Kohlenstoff, Schwefel, Kalium, Natrium, Magnesium und Eisen.

Diese zwölf soeben genannten Grundstoffe machen nicht allein die Hauptmasse der festen Erdkruste aus, sondern es besteht aus denselben auch der Hauptsache nach die Luft und das Wasser, die Pflanzen und die Thierkörper. Die übrigen Stoffe sind im Vergleiche mit den genannten nur in geringen Mengen vorhanden, und mehre derselben bieten dabei die Eigenthümlichkeit dar, daß sie eine außerordentlich allgemeine Verbreitung haben, ohne dabei irgendwo in großen Massen aufzutreten; wie z. B. Chlor, Phosphor und Mangan, die fast nirgends in einem Ackerboden fehlen, wenn auch ihre Menge oft nur eine kaum nachweisbare Spur beträgt. Dagegen sind die meisten dieser Stoffe an einzelnen Gegenden von mehr oder weniger großer Ausdehnung aufgespeichert, sodaß einige derselben, wie das Bor, das Platin, Selen und viele der neuentdeckten Metalle nur auf ganz vereinzelte Punkte beschränkt erscheinen.

Auf die großen, unserer Untersuchung zugänglichen Na-

turgebiete vertheilen sich die chemischen Elemente in folgender Weise: Die feste Erde hat als Hauptbestandtheile, die mehr als drei Viertel ihrer Masse bilden, den Sauerstoff, das Kiesel, das Aluminium und das Calcium, während sämmtliche übrigen Stoffe den andern Theil bilden.

Das Wasser, wovon das des Meeres als Hauptmasse erscheint, besteht nur aus zwei Elementen, nämlich Wasserstoff und Sauerstoff. In demselben sind manche Stoffe aufgelöst enthalten, die jedoch zusammengenommen etwa nur ein Procent vom Gewichte des Wassers betragen, und von welchen das aus Chlor und Natrium bestehende Kochsalz den größten Theil ausmacht.

Die Luft ist der Hauptsache nach ein Gemenge von nur zwei einfachen, gasförmigen Körpern, nämlich von Stickstoff, der vier Fünftel, und von Sauerstoff, der ein Fünftel ihrer Masse ausmacht. Allein ähnlich wie das Meer enthält die Luft noch einige Stoffe beigemengt, von welchen Wasserdampf und Kohlensäure der Menge nach die bedeutendsten sind.

Das Pflanzen- und Thierreich besteht seiner Hauptmasse nach nur aus vier Elementen, nämlich aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff. Daher erklärt sich auch vieles Uebereinstimmende in ihrem ganzen Verhalten, wie ihre Ernährungsgeschichte, Verwesung und Brennbarkeit. Von den übrigen Stoffen, die in Pflanzen- und Thierkörpern angetroffen werden und von Bedeutung erscheinen, sind zu bemerken: Schwefel, Phosphor, Kiesel, Kalium und Calcium.

Dem Gewichte nach ist man nach ungefährer Schätzung der Ansicht, daß ein Drittel der tellurischen Materie aus Sauerstoff, das zweite aus Kiesel bestehe, und das letzte aus allen übrigen Stoffen zusammengenommen.

14. Die Einfachheit in Frage gestellt.

Aus Vorstehendem können wir also doch den Trost schöpfen, daß ungeachtet der großen Anzahl von Elementen

die Gegenstände der Natur doch eine einfache Zusammensetzung aus wenigen einzelnen Elementen haben. Allein Mancher dürfte sich auch hierbei nicht beruhigen und die Frage aufwerfen, ob denn keine Möglichkeit oder Aussicht vorhanden ist, zu zeigen, daß die angeführten zweiundsechzig Elemente selbst nicht einfacher Natur, sondern nur aus wenigen, noch unbekannten Grundstoffen zusammengesetzt sind?

Es ist dies eine Frage, die von den Chemikern selbst wiederholt gestellt worden ist, ohne daß hierauf jedoch eine entscheidende Antwort zu ertheilen wäre. Allerdings ist es auffallend, daß die Materie in so vielerlei Grundformen auftritt, deren Reihe noch nicht einmal geschlossen erscheint, da seither fast in jedem Jahre ein oder der andere neue Stoff entdeckt worden ist. Allein auch nicht der geringste thatsächliche Fingerzeig deutet uns einen Weg an, daß mit den Hülfsmitteln, die uns aus dem Bereiche der gesammten naturwissenschaftlichen Experimentirkunst zu Gebote stehen, einer der für einfach gehaltenen Stoffe zerlegt oder zusammengesetzt werden könne. Es ist von dieser Seite wenig Aussicht vorhanden für die Auffindung einfacherer Elemente als der bisher dafür geltenden.

Für die Zerlegung der einfachen Stoffe sprechen nur gewisse Gründe der Wahrscheinlichkeit. Solche sind unter andern die große Aehnlichkeit, welche manche einfache Stoffe an sich oder in ihren Verbindungen miteinander haben; wie z. B. Schwefel und Selen, die Gruppe von Chlor, Brom, Jod, ferner Phosphor, Arsen, sowie unter den Metallen die Gruppe von Calcium, Barium und Strontium, von Kobalt, Nickel, Mangan und Eisen, von Platin und Iridium.

Einen andern Grund für die Möglichkeit, daß die chemischen Elemente zusammengesetzt seien, erblickt man darin, daß einige Körper, von denen es mit Gewißheit bekannt ist, daß sie nicht einfach sind, wie z. B. das Cyan, eine auffallende Aehnlichkeit in ihrem Verhalten mit mehren der für einfach geltenden Stoffe zeigen.

Am meisten dürfte man sich veranlaßt fühlen, an dem elementaren Charakter der Metalle zu zweifeln, da sie eine so große Anzahl bilden, die seither noch fortwährend sich vermehrte, während die Reihe der nichtmetallischen Stoffe durch die Entdeckungen der letzten zwanzig Jahre keinen Zuwachs mehr erhalten hat und in der That abgeschlossen zu sein scheint.

Eben dieser letztere Punkt, ob wir denn endlich zur Kenntniß aller einfachen Stoffe gelangt sind, möchte noch eine Erörterung verdienen. Die Entdeckungen der letzten Jahre sprechen dafür ebenso wenig, als die in derselben Zeit neu aufgefundenen Planeten die Gewißheit geben, daß uns nun alle Glieder des Sonnensystems bekannt seien. Allein sowie die bedeutendsten Planeten schon lange her bekannt sind, so ohne Zweifel sind auch die wichtigsten der einfachen Stoffe die bereits bekannten; und wir haben wenig Berechtigung, die Entdeckung neuer Stoffe zu erwarten, die eine Revolution in der ganzen Chemie bewirken möchten, oder selbst solche, die, wie seiner Zeit das Chrom als Farbematerial oder das Jod als Heilmittel, von so großer Bedeutung waren. Die in den letzten Jahren entdeckten Stoffe bestätigen das eben Gesagte, denn sie haben bisjetzt keinen erheblichen Einfluß selbst auf die theoretische Chemie geäußert. Auch haben wir nach Humboldt's wohlbegründeter und durch die Erfahrung vielfach bestätigter Ansicht von der Gleichmäßigkeit in der Construction der Erdrinde nicht zu erwarten, daß plötzlich irgendwo ein Gebirge oder eine Grube aufgeschlossen werde, mit einer Fülle ganz neuer und ungeahnter Stoffe. Die Entdeckung des ungeheuern Continents von Amerika hat uns bisjetzt mit keinem einzigen Elemente bereichert, das nicht auch in der Alten Welt aufzufinden wäre.

15. Beschreibung der einfachen Stoffe.

Nachdem wir so über die chemischen Elemente einen allgemeinen Ueberblick gewonnen haben, wollen wir die wich-

tigsten derselben auch im Einzelnen etwas näher kennen lernen. Dabei wird dieselbe Reihenfolge und Abtheilung beibehalten, die oben bei Aufzählung ihrer Namen gebraucht wurde, und da wir hier kein Lehrbuch der Chemie zu geben haben, so muß uns die geeignete Beschränkung gestattet sein. In der Regel wird die Jahreszahl angegeben, wann der in Rede stehende einfache Stoff entdeckt oder als solcher erkannt worden ist, was jedoch bei denjenigen sich nicht so genau angeben läßt, die, wie z. B. das Gold und das Eisen, schon im Alterthume bekannt waren, und deren elementare Natur sich erst später herausstellte.

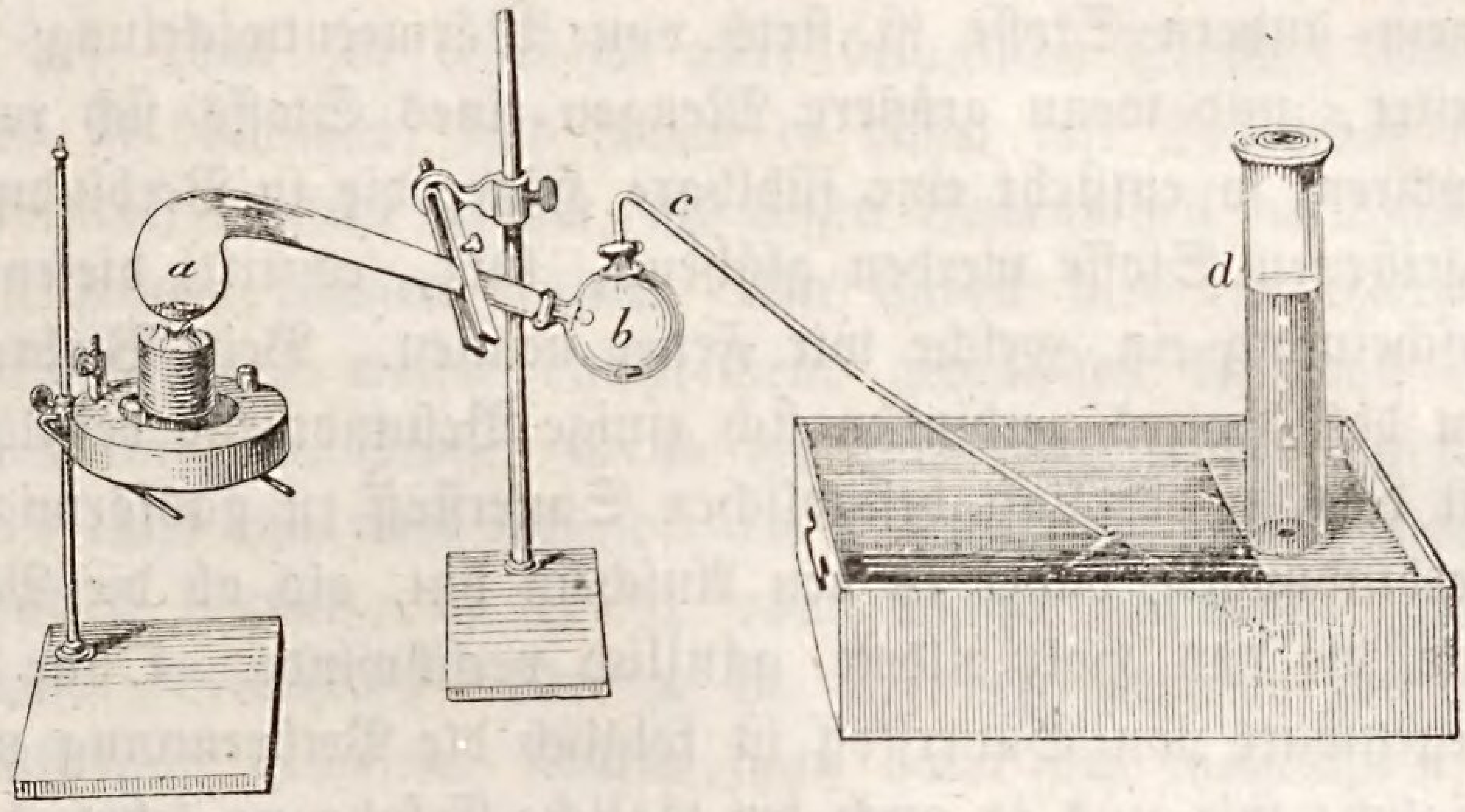
Erste Abtheilung.

Metalloide.

Sauerstoff.

Der Sauerstoff, um das Jahr **1774** als einfacher Körper erkannt, ist ein farb- und geruchloses Gas und etwas dichter als atmosphärische Luft. Die ungemein wichtige Rolle, welche der Sauerstoff spielt, läßt es gerechtfertigt erscheinen, wenn hier kurz das Verfahren beschrieben wird, welches der Chemiker anwendet, um diesen Körper in reinem Zustande sich zu verschaffen. Zu diesem Zwecke wird rothes Quecksilberoxyd, eine Verbindung von **100** Gewichtstheilen Quecksilber mit 8 Gewichtstheilen Sauerstoff, in einer kleinen Retorte a (Fig. 6, s. S. 51) erhitzt. Der Einfluß der Wärme reicht nach den S. 28 erörterten Gründen hin, die chemische Verbindung dieser beiden Stoffe zu trennen. In dem Kölbchen b sammelt sich das Quecksilber, während der gasförmige Sauerstoff, durch eine Röhre c weitergeleitet, unter eine Glasglocke d tritt. Seine auffallendste Eigenschaft ist die ungemeine Lebhaftigkeit, mit welcher die brennbaren Körper in demselben verbrennen. Wird z. B. ein Holzspan, der nur ein wenig glimmt, in ein mit Sauerstoff gefülltes Glas gebracht, so entflammt er sich augen-

Fig. 6.



blicklich. Durch das bereits erwähnte Vorkommen des Sauerstoffs in Luft, Wasser und Erde ist er der verbreitetste und zugleich der in größter Menge vorhandene aller einfachen Stoffe, und deshalb, sowie durch seine Fähigkeit, mit allen übrigen Stoffen sich chemisch zu verbinden, das wichtigste Glied der ganzen Elementenreihe und wohlberechtigt, an deren Spitze gestellt zu werden. Man pflegt in der That die einfachen Stoffe durch ihr Verhalten gegen den Sauerstoff zu charakterisiren und sie danach einzutheilen. Seinen Namen erhielt er, weil mehre Verbindungen des Sauerstoffs mit den Metalloiden einen sauern Geschmack haben und man ihn daher für ein Säure bildendes Princip ansah. Allein es zeigte sich später, daß es auch Verbindungen mit sehr sauern Eigenschaften gebe, die keinen Sauerstoff enthalten, daher denn die Bezeichnung desselben keineswegs eine richtige ist. Sein lateinischer Name Oxygenium ist gleichbedeutend mit dem deutschen; oxydiren heißt daher soviel als mit Sauerstoff vereinigen, und das Product der Verbindung eines einfachen Stoffs mit Sauerstoff wird Oxyd genannt. Indem Eisen an der Luft rostet, verbindet es sich mit Sauerstoff, oder, wie der Chemiker sich kürzer ausdrückt: es oxydirt sich.

Der Act der chemischen Vereinigung des Sauerstoffs mit einem andern Stoffe ist stets von Wärmeentwickelung begleitet, und wenn größere Mengen eines Stoffs sich rasch oxydiren, so entsteht eine fühlbare Hitze, die in Verbindung begriffenen Stoffe werden glühend, kurz, es tritt diejenige Erscheinung ein, welche wir Feuer nennen. Beim Verbrennen des Holzes verbinden sich einige Bestandtheile desselben mit dem in der Luft befindlichen Sauerstoff zu gasförmigen Verbindungen, daher es den Anschein hat, als ob die Materie, die das Holz bildete, gänzlich verschwinde. Ohne die Gegenwart von Sauerstoff ist folglich die Verbrennung unmöglich; wie uns ja auch die tägliche Erfahrung lehrt, daß ein Feuer erlischt, sobald wir den Zutritt der sauerstoffhaltigen Luft abschließen.

Das Athmen der Menschen und Thiere ist ebenfalls ein Oxydationsproceß, eine Aufnahme von Sauerstoff aus der Luft. Mit jedem Athemzuge wird derselben etwas Sauerstoff entzogen, der im Körper sich mit gewissen kohlenstoffhaltigen Bestandtheilen desselben verbindet, woher es kommt, daß die ausgeathmete Luft Kohlensäure enthält. Auch durch diese im Körper vorgehende Oxydation wird eine gewisse Menge von Wärme entwickelt, und das Athmen ist in Beziehung auf unsern Körper ein Erwärmungsproceß. Luft, die keinen Sauerstoff enthält, kann das Athmen nicht unterhalten, daher in solcher bald der als Erstickung bezeichnete Tod eintritt.

Wasserstoff.

Der Wasserstoff, von dem bereits mehrfach die Rede war, indem namentlich S. 31 u. 35 gezeigt wurde, auf welche Weise derselbe gewonnen werden kann, ist seit 1766 genauer bekannt geworden. Wir wissen, daß er ein farb- und geruchloses Gas und ganz besonders durch sein geringes specifisches Gewicht ausgezeichnet ist, da er vierzehn mal weniger wiegt als ein gleiches Maß atmosphärischer Luft. Er ist

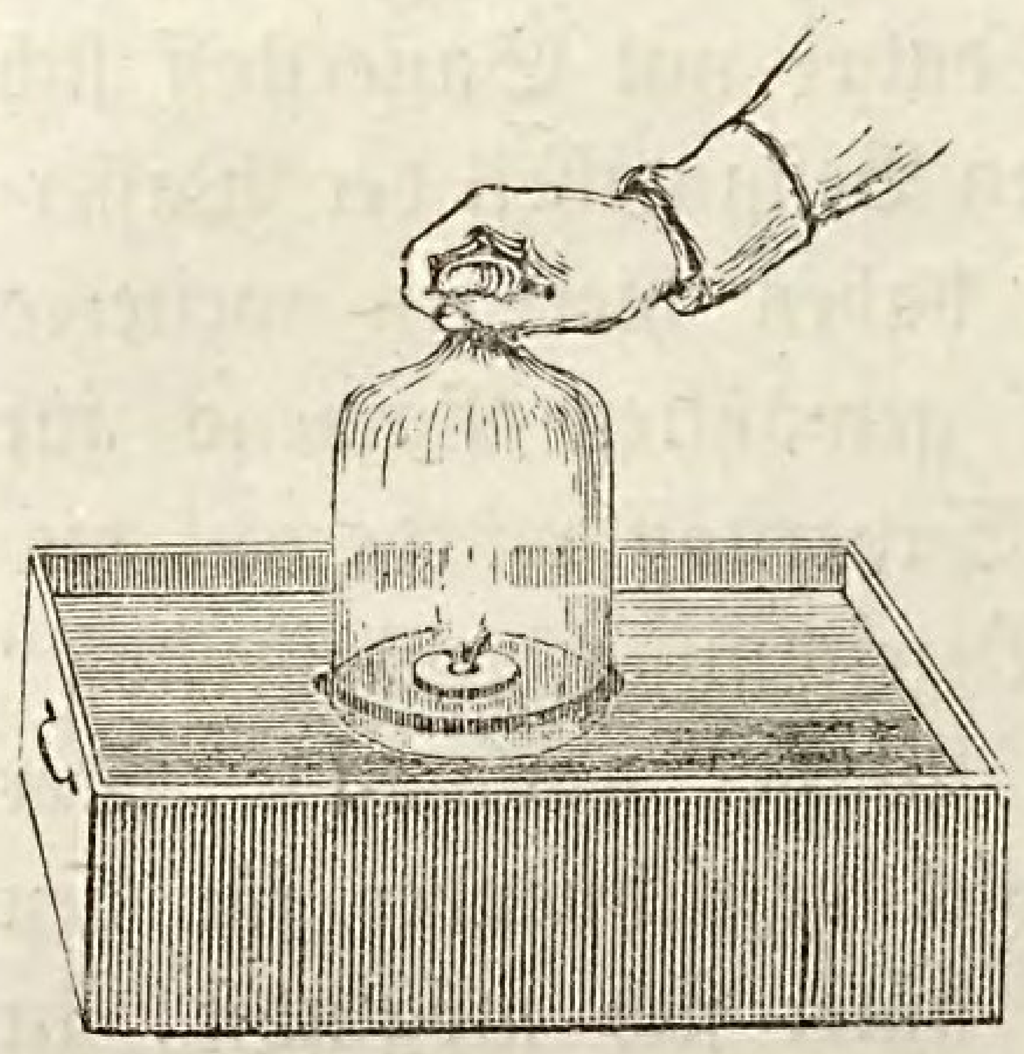
in der That der leichteste aller bekannten Stoffe. Dieses Gas ist brennbar, und indem es dabei mit Sauerstoff sich verbindet, entsteht Wasser, als dessen Bestandtheil der Wasserstoff seinen Namen erhielt. Wir haben hier ein weiteres Beispiel eines wenig entsprechend gewählten Namens für einen einfachen Stoff. Denn der Sauerstoff würde auf diesen Grund hin weit passender die Bezeichnung „Wasserstoff" erhalten können, da er $^8/_9$ vom Wasser ausmacht. Der Name „Leichtstoff" wäre z. B. viel bezeichnender für den Wasserstoff gewesen. Allein man hütet sich möglichst, in den Erfahrungswissenschaften neue Namen einzuführen, selbst wenn sie an sich Vorzüge haben, weil sonst leicht eine heillose Verwirrung entstehen würde. Wegen seiner großen Leichtigkeit wurde das Wasserstoffgas früher zum Füllen der Luftbälle angewendet, wozu man jetzt das Steinkohlengas wohlfeiler und bequemer zu Gebote hat. Ueber die Verbindungen des Wasserstoffs mit andern Stoffen ist zu bemerken, daß eine Reihe derselben saure Eigenschaften hat, daß seine Verbindungen mit dem Kohlenstoff theils brennbare Gase, theils flüchtige Oele bilden, und daß er nur mit einigen wenigen der Metalle sich verbindet.

Stickstoff.

Der Stickstoff, den man seit 1772 kennt, theilt mit den vorhergehenden die Eigenschaften des gasförmigen Zustandes, der Farb- und Geruchlosigkeit. Auch stimmen diese drei Gase darin überein, daß sie auf keine Weise in den flüssigen Zustand übergeführt werden können, was bei den übrigen gasförmigen Stoffen durch starkes Zusammendrücken und Erkalten derselben sich bewirken läßt. Man hat daher den Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff als die Gruppe der beständig elastischen Gase bezeichnet.

Wie früher erwähnt wurde, ist die Atmosphäre ein Gemenge von $^4/_5$ Stickstoffgas mit $^1/_5$ Sauerstoff. Wenn man deshalb aus Luft, die in einer Flasche oder Glasglocke ab-

Fig. 7.



gesperrt sich befindet (Fig. 7), den Sauerstoff dadurch entfernt, daß man ein Stückchen Phosphor darin verbrennt, so bleibt Stickstoff übrig. Es erhielt seinen Namen, weil in diesem Gase weder ein Thier athmen, noch ein Feuer brennen kann. An sich hat der Stickstoff sonst keine ausgezeichneten Eigenschaften und auch keine Anwendung. Dennoch erscheint er als ein Element von großer Bedeutung, denn er ist ein Bestandtheil der Salpetersäure, des Ammoniaks, der Blausäure, des Berlinerblau, sodann mehrer werthvoller Arzneimittel, wie des Chinins und Morphins, sowie endlich aller derjenigen Nahrungsmittel, von welchen wir annehmen, daß sie dazu dienen, in Fleisch und Blut überzugehen, und die wir daher für die nahrhaftesten halten. Aus diesem Grunde ist der Gehalt einer Speise an Stickstoff eine Sache von großer ökonomischer Bedeutung. Eiweiß, Muskelfaser, Käse sind solche stickstoffreiche Nährstoffe. Aehnlich wie beim Wasserstoff, kennt man kaum nennenswerthe, directe Verbindungen des Stickstoffs mit den Metallen.

Chlor.

Das Chlor wurde zwar schon 1774 dargestellt, allein es währte bis um das Jahr 1820, bis es in die Reihe der einfachen Stoffe einmüthig von den Chemikern aufgenommen wurde. Die Entscheidung des Streits über die Natur dieses Stoffs gehört mit zu den interessantesten und fruchtbarsten Epochen der Entwickelungsgeschichte der Chemie. Das Chlor ist zwar ebenfalls gasförmig, wie die vorhergehenden Stoffe, allein es hat eine schwach grünlich-gelbe Farbe und einen eigenthümlichen, erstickenden und zum Husten reizenden Geruch. In geringer Menge eingeathmet, wirkt es schon

nachtheilig auf die Lunge, sodaß wir es geradezu als giftig bezeichnen müssen. Wenn dieses Gas in einer geeigneten Vorrichtung stark zusammengepreßt wird, so verdichtet es sich zu einer gelbbraunen Flüssigkeit. Es erscheint an diesem Stoffe auffallend, daß er niemals in reinem, unverbundenem Zustande und überhaupt nicht in großer Masse sich vorfindet, obgleich er eine sehr allgemeine Verbreitung hat. Dessenungeachtet ist er nicht nur für die wissenschaftliche Chemie eins der interessantesten, sondern auch für die Oekonomie und Gewerbe eins der wichtigsten Elemente. Es beruht dies auf der großen Fähigkeit des Chlors, sich mit allen übrigen Elementen ohne Ausnahme zu verbinden, in welcher Beziehung es theilweise sogar den Sauerstoff übertrifft. Das Kochsalz erscheint als derjenige Naturkörper, in welchem fast der ganze Vorrath von Chlor niedergelegt ist, denn die Analyse hat gefunden, daß in je 100 Pfund desselben 60 Pfund Chlor enthalten sind. Das Kochsalz bildet aber in Hinsicht auf seine Masse einen äußerst geringen Theil der Erdrinde. Spuren desselben finden sich dagegen fast in jedem Wasser und in jedem Boden. Das Chlor vereinigt sich außerordentlich leicht mit den Metallen, und selbst die edelsten derselben, wie Gold und Platin, werden rasch von Flüssigkeiten, die freies Chlor enthalten, angegriffen und aufgelöst. Die Verbindungen des Chlors mit Metallen werden Chlormetalle oder Haloïdsalze genannt und sind meist in Wasser löslich und krystallisirbar, Eigenschaften, die uns am bekanntesten derselben, am mehrerwähnten Kochsalze, leicht bemerklich werden. Es ist dies eine Verbindung von Chlor mit dem Metalle Natrium. Gegen Pflanzen- und Thierstoffe äußert das Chlor eine schnell zerstörende Wirkung, von der man, in geeigneter Beschränkung gehalten, ungemein wichtige Anwendungen zum Bleichen und zum Zerstören übelriechender Gase und in die Luft übergegangener Krankheitsstoffe macht. Die wichtigsten der zahlreichen, in den Gewerben und in der Medicin angewendeten chlor-

haltigen Verbindungen sind, außer dem Kochsalze, die Chlorwassersäure oder Salzsäure und der Bleichkalk.

Brom.

Das Brom, das erst 1826 entdeckt wurde, ist ein flüssiger Körper, von braunrother Farbe und starkem, chlorähnlichem Geruche. Es ist ein seltener Körper, der in geringer Menge in einigen Salzen des Meerwassers und mancher Salzquellen, am reichlichsten in der von Kreuznach, enthalten ist, sodaß man ihm eine besondere medicinische Wirksamkeit zuschreibt. Dies ist auch der einzige Grund, weshalb wir es hier anführen, da es sonst keine bemerkenswerthe Anwendung hat.

Jod.

Das Jod, seit dem Jahre 1812 bekannt, ist ein Stoff von sehr interessanten Eigenschaften. Es ist fest, von grauschwarzer Farbe, etwas glänzend und in seinem Aeußern sehr der Ofenschwärze ähnlich. Beim Erwärmen verwandelt sich jedoch das Jod in einen Dampf von wunderschöner, veilchenblauer Farbe, dessen Geruch eigenthümlich an den des Chlors erinnernd ist. Auch das Jod ist ein seltener Stoff, von welchem im Binnenlande kaum Spuren in einigen Salzquellen angetroffen werden. Die Salze des Meeres enthalten dagegen Jod, verbunden mit Natrium und Magnesium, und man gewinnt es ausschließlich aus der Asche der im Meere wachsenden Pflanzen, der sogenannten „Tange". Eine weitere Eigenthümlichkeit des Jods ist die, daß es mit Silber eine gegen das Licht ungemein empfindliche Verbindung darstellt, auf welches sich die Erzeugung der Lichtbilder oder Photographien gründet. Wenn Jod mit Stärke zusammenkommt, so ertheilt es dieser augenblicklich eine lebhafte blaue Farbe. Wollte man z. B. wissen, ob ein Schreibpapier mittels Stärke oder Leim zubereitet ist, so darf man nur ein Körnchen Jod in etwas Weingeist auflösen.

Bestreicht man mit der alsdann erhaltenen, braun aussehenden Flüssigkeit das Papier, so nimmt dieses sogleich eine violette Farbe an, wenn es gestärkt war, während es im andern Falle unverändert bleibt. Am wichtigsten ist jedoch das Jod durch seine entschiedene medicinische Wirksamkeit, die sich namentlich auf das Haut- und Drüsensystem erstreckt.

Fluor.

Das Fluor bildet in Verbindung mit dem Metalle Calcium den Flußspath, ein schön krystallisirtes, jedoch in sehr untergeordneten Verhältnissen auftretendes Mineral. Von allgemeinem Interesse ist bei diesem Stoffe nur die Einwirkung desselben auf Glas, infolge welcher es zum Aetzen und Mattiren desselben angewendet wird.

Kohlenstoff.

Der Kohlenstoff ist dagegen ein Körper, der unsere Aufmerksamkeit in umfassendster Weise beansprucht, wie er denn schon in der vorläufig gegebenen Uebersicht unter den Stoffen von allgemeinster Verbreitung und Bedeutung angeführt wurde. Wir wollen hier gleich die überraschendste Thatsache in Beziehung auf dieses Element an die Spitze stellen, nämlich die, daß der Diamant reiner und krystallisirter Kohlenstoff ist, daß also dieser kostbare Körper dem Wesen seiner Materie nach Eins und Dasselbe ist mit der gewöhnlichen Holzkohle. Die Thatsache ist zu auffallend und für manche allgemeine Folgerungen zu wichtig, als daß wir dieselbe nicht durch einige Nachweisungen näher begründen sollten.

Nicht leicht möchten zwei Körper aufzufinden sein von solcher Unähnlichkeit, wie sie der Diamant und die Holzkohle in ihren sämmtlichen äußern Eigenschaften darbieten. Der Diamant, der härteste aller Körper, ist dicht, vollkommen farblos und durchsichtig, und sein außerordentlicher Glanz, sowie sein ausgezeichnetes Lichtbrechungsvermögen

erheben ihn bei der Seltenheit seines Vorkommens zum kostbarsten aller Körper, und schon bei dem bloßen Namen des Diamants erhebt sich leicht die Phantasie zur Vorstellung des werthvollsten und glanzwürdigsten aller irdischen Materie. Unwillkürlich reihen sich an seinen Namen die Bilder des Reichthums, der Macht und des Ueberflusses, wenn bei prachtvollen Festlichkeiten das Auge geblendet wird vom Glanze und Farbenspiele des in Diamantendiademen tausendfach gebrochenen Lichts. Gegenüber diesem Bilde des Glanzes erscheint die düstere Werktagsgestalt der Holzkohle, von schwarzer Farbe, porös und zerbrechlich, die uns den rauchenden Meiler und die rußende Esse, diese Stätten des entbehrungsvollen Lebens und der schweren Arbeit, vor die Seele ruft; und — diese Kohle und jener Diamant wären identisch? Wir können hier freilich nicht alle Thatsachen und Versuche anführen, auf welche diese Ueberzeugung sich gründet; allein bemerkenswerth ist, daß schon 1694 auf Veranlassung des Großherzogs von Toscana, Cosmus III., in Florenz Versuche angestellt wurden, welche zeigten, daß der Diamant im Brennpunkte eines großen Brennglases vollständig verschwand. Ja, in großem Maßstabe von Kaiser Franz I. 1751 veranlaßte Versuche zeigten, daß, als für ungefähr 6000 Gulden Diamanten und Rubinen während 24 Stunden in heftigem Feuer gehalten wurden, die erstern hierbei vollständig verschwanden, während die Rubinen keine Veränderung erlitten. Dieses Verschwinden beruhte einfach darauf, daß die Diamanten verbrannt waren; denn genaue Untersuchungen bewiesen, daß der Diamant sich dabei mit Sauerstoff vereinigt und ein Gas bildet, welches auch durch das Verbrennen von gewöhnlicher Kohle erhalten wird, nämlich Kohlensäure. Eine ganze Reihe weiterer vergleichender Versuche hat bestätigt, wie in chemischer Beziehung Kohle und Diamant ganz eine und dieselbe Art von Materie sind. Wenn es uns bisjetzt nicht gelungen ist, die Kohle in einen solchen Zustand überzuführen, daß sie die äußern Eigenschaf-

ten des Diamants, nämlich Härte, Glanz und Durchsichtigkeit, annimmt, so liegt der Grund hierzu wol weniger in der Unmöglichkeit an sich, als vielmehr darin, daß die hierzu wahrscheinlich erfoderlichen Bedingungen außerhalb der uns zu Gebote stehenden Mittel liegen. Es läßt sich die Möglichkeit denken, daß, wenn eine Kohlenmasse jahrhundertelang unter großem Drucke der Weißglühhitze ausgesetzt bliebe, ein Theil derselben in den krystallinischen Zustand übergehe. So anziehend auch eine Verfolgung der Geschichte des Diamants sein würde, von dem feinen Demantsplitter, der als Grabstichel in der Hand des Künstlers die zartesten Linien in Stein- und Stahlplatten ausführt, und von dem unscheinbaren, aber unschätzbaren Werkzeuge, mit welchem der Glaser seine Tafeln zuschneidet, bis zu den wechselnden Schicksalen des großen Diamanten in der Kaiserkrone von Rußland, der Halsbandgeschichte der beweinenswerthen Marie Antoinette, den Diamanten des unglücklichen Grafen Zichy und dem Lichtberge Ko-hi-nur des Londoner Glaspalastes — wir müssen hier statt dessen den bescheidenen Formen des Kohlenstoffs, der Holzkohle, Thierkohle und Steinkohle noch einige Worte gönnen.

Außer der in ökonomischer und technischer Beziehung wichtigen Benutzung dieser Kohlenarten als Brennmaterial, muß noch die Eigenschaft, besonders der Knochenkohle, hervorgehoben werden, färbende Stoffe aus Flüssigkeiten hinwegzunehmen. Man schüttele, um sich von dieser auffallenden Wirksamkeit zu überzeugen, etwas rothen Wein mit einem Löffel voll Beinschwarz in einer Flasche eine zeitlang, und die filtrirte Flüssigkeit wird vollkommen farblos und wasserhell erscheinen. Die Knochenkohle hat daher eine ausgedehnte Anwendung in den Raffinerien zur Entfärbung des Zuckers gefunden. Die allgemeinste Bedeutung hat indessen der Kohlenstoff in der organischen Natur, als niemals fehlender Bestandtheil der Pflanzen- und Thierkörper. Er wird daher der charakteristische Stoff der organischen Körper ge-

nannt, und seine Gegenwart verräth sich in der Regel schon durch die schwarze Farbe, welche die meisten derselben beim Erhitzen annehmen, indem sie verkohlen. Bei der Besprechung des Einflusses der Chemie auf die Physiologie wird sich Gelegenheit finden, zu zeigen, auf welche Weise der Kohlenstoff aus dem Bereiche der unorganischen Materie in die Formen der Pflanzen- und Thierwelt übergeht.

Von den chemischen Verbindungen des Kohlenstoffs wurde bereits der Kohlensäure Erwähnung gethan, als eines beim Athmen, Verbrennen, Verwesen und Gähren entstehenden Products. Diese luftförmige Säure, welche den Sauerwassern ihren angenehm erfrischenden Geschmack, dem Champagner seinen leicht aufbrausenden, bis zum Knalleffect sich steigernden Charakter, sowie dem Biere den perlenden Schaum verleiht, und mit diesen Getränken reichlich in den Magen gelangend, diesem vortrefflich zusagt — diese Kohlensäure ist zugleich ein höchst gefährliches Gas für die Lunge, und veranlaßt nicht selten tödtliche Erstickungsfälle, wenn z. B. bei gehindertem Luftwechsel Kohlen in Zimmern verbrannt und dadurch in Kohlensäure übergeführt werden.

Mit dem Wasserstoff vereinigt sich der Kohlenstoff zu gasförmigen, flüssigen und festen brennbaren Verbindungen. Die erstern sind es, die wir zur Gasbeleuchtung benutzen, und die zugleich der Luftschiffahrt einen neuen Aufschwung gegeben haben, da sie um die Hälfte leichter sind als die atmosphärische Luft. An allen Orten, wo Gasbeleuchtung eingerichtet ist, kann ohne allzu große Kosten, und namentlich ohne erhebliche Mühe die Füllung eines Luftballs mit Leuchtgas geschehen, sodaß die Anwendung des Wasserstoffgases in der Aëronautik ganz außer Gebrauch gekommen ist.

Endlich bleibt uns noch das Verhältniß des Kohlenstoffs zur großen Gruppe der Metalle zu betrachten übrig. Wir finden da nur ein einziges, mit welchem der Kohlenstoff eine Verbindung von Wichtigkeit eingeht, nämlich das Eisen. Durch Vereinigung mit einer gewissen Menge von Kohlen-

stoff bildet dieses Metall den Stahl. Die Mehrzahl der Erze besteht aus Verbindungen von Metallen mit Sauerstoff, und das allgemeine Verfahren zur Abscheidung des letztern besteht darin, daß solche Metalloxyde mit Kohle zum Glühen erhitzt werden. Der Sauerstoff tritt alsdann an die Kohle, damit Kohlensäure bildend, welche als Gas entweicht, während das Metall mit seinen charakteristischen Eigenschaften zum Vorschein kommt.

Schwefel.

Der Schwefel, schon aus dem Alterthume her bekannt, gehört, wie das Chlor, zu den verbreitetsten, jedoch nicht massenhaft auftretenden Stoffen. Indessen erscheinen die an einzelnen Punkten aufgehäuften Naturvorräthe von gediegenem Schwefel immerhin bedeutend, und namentlich ist Sicilien reich an diesem wichtigen Körper, dessen Gewinnung und Ausfuhr eine Hauptquelle der Einnahme des Königreichs Neapel bildet, indem Europa fast seinen ganzen Bedarf an Schwefel dorther bezieht. Die Eigenschaften desselben dürfen füglich als bekannt vorausgesetzt werden. Im Handel erscheint der Schwefel in zweierlei Gestalt, entweder in etwa zolldicken Cylindern, sogenannter Stangenschwefel, oder als ein feines gelbes Mehl, sogenannte Schwefelblumen, die besonders in der Medicin gebräuchlich sind. Die populärsten Anwendungen des Schwefels sind unstreitig die zu Schwefelhölzchen und zum Schwefeln oder Aufbrennen der Weinfässer. Wir glauben es dem heitern Gotte des Weins schuldig zu sein, über das letztere Verfahren uns erklärend zu verbreiten. Wein mit Luft einige Zeit in Berührung gelassen, erleidet eine wesentliche Veränderung, indem er, Sauerstoff aus der Luft aufnehmend, sich in Essig verwandelt. Man hütet sich daher, Flaschen oder Fässer nur theilweise mit Wein angefüllt zu lassen. Ist dies bei den letztern mitunter unvermeidlich, so nimmt man aus der im Fasse befindlichen Luft den Sauerstoff hinweg, indem ein

Stückchen Schwefel darin verbrannt wird. Auch gebrauchte Weinfässer, die leer liegen sollen, muß man mit Schwefel aufbrennen, damit in denselben keine Schimmelbildung entstehen und der in ihren Poren zurückbehaltene Wein nicht sauer werden und den später eingefüllten desto leichter in Säuerung versetzen kann. Der beim Verbrennen des Schwefels entstehende, erstickend riechende Schwefeldampf ist eine Verbindung des Schwefels mit Sauerstoff, von den Chemikern schwefelige Säure genannt. Manche Stoffe, wie Stroh, Wolle, Federn, Borsten, auf welche sich die bleichende Wirkung des Chlors nicht anwenden läßt, entfärben sich, wenn sie dieser gasförmigen Säure ausgesetzt werden.

Noch wichtiger ist jedoch eine sauerstoffreichere Verbindung des Schwefels, nämlich die Schwefelsäure, die vielfach unter dem ältern Namen Vitriolöl bekannt ist. Der grüne Vitriol, ein schwefelsäurehaltiges Mineral, diente nämlich früher ausschließlich zur Darstellung der Schwefelsäure, die deshalb, sowie wegen ihres ölartigen Aussehens die Benennung Vitriolöl erhielt. Diese ätzende und dadurch gefährliche Flüssigkeit ist ausgezeichnet durch die Energie, mit welcher sie mit andern chemischen Verbindungen, namentlich mit den Oxyden der Metalle, sich vereinigt. Sie ist hierdurch ein chemisches Agens von der größten Mächtigkeit und vielfachsten Anwendung, sodaß, abgesehen von wissenschaftlichen Zwecken, ganze Reihen der chemischen Fabrikation näher oder entfernter von der Mitwirkung der Schwefelsäure abhängig sind.

Die gasförmige Verbindung des Schwefels mit dem Wasserstoff macht sich da, wo sie vorhanden ist, sogleich durch ihren nichts weniger als empfehlenswerthen Geruch bemerklich, der identisch mit dem der faulen Eier ist. Obgleich dieses übelriechende Gas giftig ist, so haben doch sehr geringe Mengen desselben, wenn es z. B. in Wasser gelöst als sogenanntes Schwefelwasser angewendet wird, eine entschieden heilsame Wirkung, besonders auf das Respirations-

system. Von Seiten der Chemiker wird dieses Gas besonders vielfach in der analytischen Chemie zur Abscheidung der Metalle aus Auflösungen angewendet, und dieser Umstand ist allerdings geeignet, die Chemie im vollen Sinne des Worts in übeln Geruch zu bringen. Mit den Metallen bildet der Schwefel eine große Reihe von Verbindungen. Viele derselben, wie das Schwefeleisen, Schwefelkupfer, Schwefelblei u. s. w. finden sich als Minerale, in deren äußerm Ansehen durchaus der metallische Charakter vorherrscht. Einige derselben werden als werthvolle Erze zur Ausbringung der darin enthaltenen Metalle benutzt.

Die Verbindungen des Schwefels mit den leichten Metallen, wegen ihrer braunen Farbe Schwefellebern genannt, sind in Wasser löslich und in medicinischer Hinsicht bemerkenswerth, da sie zu den Schwefelbädern benutzt werden.

Für die Physiologie hat der Schwefel dadurch Bedeutung, daß er ein Bestandtheil gewisser Thier- und Pflanzenstoffe ist, wie z. B. des Eiweißes, der Nervensubstanz, des Klebers, des Käsestoffs, überhaupt aller solcher, die beim Faulen das übelberüchtigte Schwefelwasserstoffgas entwickeln.

Phosphor.

Der Phosphor wurde im Jahre 1669 dargestellt, und obwol er in weit geringerer Menge vorhanden ist als der Schwefel, so hat er doch gleich diesem eine sehr allgemeine Verbreitung, was schon daraus hervorgeht, daß jeder ausgewachsene Mann ungefähr sechs Pfund phosphorsauern Kalk in der Masse seiner Knochen mit sich herumträgt. Es soll sogleich gezeigt werden, woher dieser Phosphorgehalt stammt. In der Natur findet sich der Apatit, ein aus Phosphorsäure und Kalk bestehendes Mineral, im Ganzen zwar nur spärlich, allein doch fast in jedem Boden in kleiner Menge. Beweis hierfür ist der Umstand, daß es kaum eine Bodenart gibt, die nicht eine, wenn auch geringe Ernte von Hafer, Gerste, Roggen oder Weizen zu ertragen im Stande

wäre. Die Körner dieser Getreidearten enthalten aber ohne Ausnahme etwas phosphorsauern Kalk, welchen sie aus dem Boden aufgenommen haben. Durch diese vegetabilischen Nahrungsmittel geht der Phosphor in den Körper der Thiere über, wo wir im Blute und im Urin phosphorsaure Salze antreffen, und deren ganzes Knochengerüste aus phosphorsauerm Kalke besteht. Aus dem Gesagten erhellt dann die ungemein große Wichtigkeit des Phosphors für Oekonomie und Physiologie. Durch seine Eigenschaften gehört der Phosphor überdies zu den merkwürdigsten einfachen Stoffen. Im Dunkeln leuchtend, in der Wärme der Hand schon schmelzend und sich entzündend, ist dieser gelblich durchsichtige Körper von wachsartiger Härte ziemlich gefährlich, und kann nur unter Wasser gesichert aufbewahrt werden. Die leichte Entzündlichkeit hat ihm in neuerer Zeit die ausgedehnteste Anwendung zu den bekannten Zündhölzchen verschafft, durch welche die alte Quadrupelallianz von Stahl und Stein, Schwefel und Zunder vollkommen aufgelöst worden ist. Der Gebrauch des Phosphors und der Phosphorsäure in der Medicin ist von untergeordneter Bedeutung. Noch muß das Phosphorwasserstoffgas angeführt werden, das bei einem kleinen Gehalt an Phosphordampf die merkwürdige Eigenschaft hat, sich an der Luft selbst zu entzünden, und, beiläufig gesagt, wie faule Fische stinkt.

Arsen.

Das Arsen ist grau, mit farbenspielendem Metallglanz. Beim Erhitzen verbreitet es einen heftigen Knoblauchgeruch und weiße Dämpfe. Diese letztern sind eine Verbindung des Arsens mit Sauerstoff, welche weißer Arsenik genannt wird und das gefürchtetste Gift abgibt, weil es weder Geruch noch Geschmack hat und daher zu Vergiftungen misbraucht werden kann. Es ist jedoch gegen eine verbrecherische Anwendung des Arseniks durch strenge Ueberwachung des Verkaufs möglichst Vorsorge getroffen. Vergiftungen durch Ar-

senik sind überdies leicht zu entdecken und nachzuweisen. Es ist der analytischen Chemie in der That gelungen, kaum glaubliche Spuren von Arsenik in einer Speise oder in dem Darminhalte eines Vergifteten, selbst nach dessen Tode, mit voller Sicherheit nachzuweisen. Auch hat sich bei eintretender Erscheinung von Arsenikvergiftungen das Eisenoxydhydrat als ein wirksames Gegenmittel bewährt. Der Arsenik hat Anwendung in der Färberei und Glasfabrikation, indem er leicht seinen Sauerstoffgehalt an andere Körper abgibt und daher als Oxydationsmittel dient. Im Mineralreiche findet sich das Arsen gediegen, meist jedoch mit Schwefel, Eisen, Kobalt, Nickel und andern Metallen verbunden. Seine Schwefelverbindungen werden als Farben und in der Feuerwerkerei verwendet.

Kiesel.

Das Kiesel oder Silicium wurde erst 1823 aus der Kieselerde dargestellt. Es ist ein graubraunes Pulver, unlöslich, geruch- und geschmacklos. An sich wenig bedeutend, erlangt das Kiesel eine große Wichtigkeit durch seine Verbindung mit dem Sauerstoff, welche Kieselsäure, auch Kieselerde heißt, und bei weitem den größten Theil der meisten Minerale ausmacht, sodaß nach dem Sauerstoff das Kiesel als das in größter Masse vorhandene Element befunden worden ist. Die schönste Form, in welcher die Kieselerde auftritt, ist die der wasserhellen, sechsseitigen Säulen des Bergkrystalls. Außerdem bestehen alle Minerale, welche zur Familie des Quarzes gehören, wie z. B. der Achat, Chalcedon, Carneol, Feuerstein, Amethyst u. s. w., aus fast reiner Kieselsäure, die überdies noch die Hauptmasse alles Sandsteins und Sandes ausmacht. Allen diesen Mineralen ist eine große Härte eigen, sodaß sie am Stahle Funken geben. Man wird sich billig wundern, daß ein so völlig geschmackloser Körper wie die Kieselerde den Namen einer Säure erhalten hat. Allein wenn die Kieselsäure in dieser

Hinsicht eine Ausnahme von den Eigenschaften der Säuren macht, so stimmt sie mit denselben doch in ihrem Verhalten gegen die Metalloxyde überein. Sie bildet in der That mit dem Kali, Natron, Kalk, Bleioxyd und der Thonerde eine Reihe von äußerst wichtigen neutralen Verbindungen, aus welchen die Masse des Glases, Porzellans, Steinguts und aller übrigen Thonwaaren besteht. Die verschiedenen Gewässer enthalten geringe Mengen von Kieselsäure aufgelöst, die alsdann von den Pflanzen aufgenommen wird, sodaß sie ein niemals fehlender Bestandtheil in der Asche derselben ist. Besonders hinterlassen die Gräser und Schachtelhalme beim Verbrennen eine sehr kieselreiche Asche. Aus diesem Grunde hat die Kieselsäure Bedeutung für die Pflanzenphysiologie.

Bor.

Das Bor gehört zu den seltenen Stoffen. Erst 1808 ist es in Form eines chocoladenfarbigen Pulvers aus der Borsäure abgeschieden worden. Die letztere kommt im Mineralreiche theils als weißliches krystallinisches Pulver, theils mit Natron verbunden vor. Diese Verbindung heißt Borax und wird beim Scheiden der edeln Metalle als Flußmittel benutzt. Ein charakteristisches Kennzeichen der Borsäure ist die zeisiggrüne Farbe, welche die Flamme des Weingeistes annimmt, wenn etwas Borsäure in demselben aufgelöst war.

Zweite Abtheilung.

M e t a l l e.

Wir haben in dem Vorhergehenden die Betrachtung der nichtmetallischen einfachen Stoffe vollendet, und wenden uns zu der großen Reihe der Metalle. Es wird dem Leser bald auffallen, wie diese an sich und in ihren chemischen Verbindungen große Unterschiede in Vergleich mit den Metalloiden darbieten. Während bei letztern die Säuren und gasförmigen Verbindungen und die Beziehungen zu den organischen Körpern

vorherrschten, werden wir bei den Metallen die alkalischen und färbenden Oxyde im Vordergrunde erblicken, welche die Basis der zahlreichen Classe der Salze ausmachen. Die physiologische Bedeutung der Metalle, die sich nur auf wenige beschränkt, wird durch die große Wichtigkeit derselben in technischer Beziehung überboten.

A. Leichte Metalle.

Kalium.

Das Kalium wurde seit 1807 als Metall dargestellt. Seine Entdeckung gehört zu den glanzvollsten der neuern Zeit, und das Verdienst derselben muß der Physik zuerkannt werden. Ueber die chemische Zusammensetzung der Soda, der Pottasche und des Kalks, dreier Stoffe des allgemeinsten, täglichen Verbrauchs, waren die Chemiker im Anfange dieses Jahrhunderts noch in völliger Ungewißheit. Man wußte zwar, daß der Kalk durch Glühen zu Aetzkalk wird, und daß Soda und Pottasche durch Behandlung mit gebranntem Kalk ebenfalls ätzende Eigenschaften erhalten; allein die also dargestellten Körper, welche kaustische, d. h. ätzende Alkalien genannt werden, konnte man nicht weiter zerlegen und betrachtete sie daher als einfache, elementare Stoffe. Aus der Aehnlichkeit, welche dieselben mit den Oxyden der Metalle besonders in ihrem Verhalten gegen die Säuren darbieten, schlossen indessen einige Chemiker schon damals in richtiger Weise auf einen Metallgehalt der Soda, Pottasche und des Kalks, eine Ansicht, die wegen des mangelnden Beweises durch andere, von der Wahrheit entferntere Vermuthungen über die Bestandtheile der Alkalien verdrängt wurde. Mittlerweile hatte in der Physik die Lehre von der Berührungselektricität oder dem Galvanismus eine beträchtliche Erweiterung erhalten. Es waren elektrische Apparate von großer Mächtigkeit aufgestellt und ihre Wirkungen nach allen Richtungen verfolgt worden. Alsbald ergab es sich, daß der elektrische Strom ein mächtiges Trennungsmittel

chemischer Verbindungen sei. Wird in der That ein Körper, der aus zwei Elementen besteht, zwischen die beiden Drähte gebracht, welche die Pole einer galvanischen Kette bilden, und ein starker Strom durch denselben geleitet, so trennen sich seine Bestandtheile voneinander, indem der eine von dem positiven Pole und der andere von dem negativen Pole angezogen wird. Der Gedanke, diese zersetzende Wirkung der Elektricität auf die jedem andern Mittel widerstehenden Alkalien anzuwenden, wurde von dem überraschendsten Erfolge gekrönt. Als ein Stück ätzenden Kalis auf diese Weise behandelt wurde, so kamen an dem negativen Poldrahte kleine, silberglänzende Kügelchen zum Vorschein, und es war der metallische Bestandtheil der Pottasche entdeckt, nämlich das Kalium.

Nachdem dieses Metall einmal bekannt war, wendete sich das Bestreben der Chemiker nach einer ergiebigen Darstellungsmethode desselben. Die jetzt übliche Methode besteht darin, daß ein Gemisch von Pottasche und Kohle in einem eisernen Gefäße der Weißglühhitze ausgesetzt wird. Bei dieser Temperatur verflüchtigt sich das Kalium in Form eines grünen Dampfes, der in einer geeigneten Vorrichtung zu erbsengroßen Metallkugeln sich verdichtet.

Die Eigenschaften des Kaliums, als eines metallischen Körpers, sind in hohem Grade merkwürdig. Man ist gewöhnt, bei dem Worte Metall an einen glänzenden, zugleich aber schweren, dichten und harten Körper zu denken, an ein im Allgemeinen höchst dauerhaftes Material. Von diesen charakteristischen Merkmalen der Metalle hat das Kalium allein den schönen Silberglanz; dagegen ist es so leicht, daß es auf dem Wasser schwimmt, und so weich, daß es sich kneten und mit einem Messer zerschneiden läßt. Allein nicht gering war anfänglich die Verlegenheit hinsichtlich der Aufbewahrung dieses Metalls; denn das Kalium verbindet sich so außerordentlich leicht mit Sauerstoff, daß es, an der Luft liegend, denselben schnell aus dieser aufnimmt und in weißes

Kaliumoxyd übergeht. Man pflegt daher das Kalium in Steinöl aufzubewahren, einer Flüssigkeit, die aus Kohlenstoff und Wasserstoff besteht und keinen Sauerstoff enthält. Bei weitem die auffallendste Erscheinung tritt jedoch ein, wenn ein Stückchen Kalium auf Wasser geworfen wird. Augenblicklich entzündet sich dasselbe und fährt zischend, mit violetter Flamme brennend, auf dem Wasser umher. Wir wissen von früherher, daß das Wasser eine Verbindung von Sauerstoff mit dem brennbaren Wasserstoff ist. Die nähere Erklärung jenes Vorgangs ist nun folgende: Das Kalium verbindet sich mit dem Sauerstoff des Wassers so energisch, daß die hierdurch entstehende Erhitzung den freiwerdenden Wasserstoff entzündet, dessen Flamme durch etwas verdampfendes Kalium violett gefärbt wird.

Es erschien angemessen, die Geschichte dieses Metalls mit einiger Ausführlichkeit zu geben, einestheils wegen der interessanten Eigenschaften desselben an sich, anderntheils, weil das hier Gesagte bis auf geringe Abweichungen auch für das folgende Metall, das Natrium, gilt, und weil an die Entdeckung des Kaliums sich alsbald die Darstellung der Metalle reihte, welche in der Kalkerde, Baryterde, Strontianerde, Bittererde und in der Thonerde enthalten sind. Man erhält die in diesen Erden enthaltenen Metalle, indem man auf deren Verbindungen mit Sauerstoff oder Chlor das Kalium einwirken läßt. Diese Metalle der Erden, welche Calcium, Barium, Strontium und Magnesium genannt worden sind, haben wie das Kalium Silberglanz und geringe Härte. Sie sind jedoch etwas schwerer als Wasser, mit dessen Sauerstoff sie sich verbinden ohne Entzündung des freiwerdenden Wasserstoffs.

Das Kalium als Metall hat außer der eben angeführten Anwendung zu chemischen Zersetzungen keine weitere von technischer Wichtigkeit. Um so bedeutender ist dagegen der Gebrauch vieler seiner Verbindungen. Charakteristisch für die Oxyde des Kaliums, sowie der meisten leichten Metalle,

ist ihre Löslichkeit im Wasser, ihr laugenhafter Geschmack, ihre ätzende Wirkung gegen Pflanzen- und Thierstoffe, und die Eigenschaft, mit den Fetten lösliche Verbindungen, die sogenannten Seifen, zu bilden.

Daher die Anwendung des kohlensauern Kali, das bekannter unter dem Namen der Pottasche ist, sowie der Aschenlauge zum Waschen und in der Seifenfabrikation, und des Aetzkali in der Chirurgie. Das Kaliumoxyd, das den kürzern Namen Kali führt, ist die Basis des Salpeters, des Weinsteins, des Alauns, des Glases und vieler Minerale, namentlich des Feldspaths. Mit dem Schwefel verbunden, bildet das Kalium einen braunrothen Körper, die sogenannte Schwefelleber, deren Auflösung in Wasser zu Schwefelbädern dient.

In Beziehung auf die Pflanzenwelt erscheint das Kalium von allgemeinster Bedeutung, denn die meisten Pflanzen hinterlassen beim Verbrennen eine Asche, die zum größten Theil aus kalihaltigen Salzen besteht. Wir sind zu der Annahme berechtigt, daß der Kaligehalt eines Ackerbodens und des Düngers als Maßstab für den Culturwerth derselben dienen kann.

Natrium.

Das Natrium geht hinsichtlich seiner Entdeckung, Darstellung und wichtigsten Eigenschaften mit dem Kalium so in paralleler Richtung, daß nur wenig Unterscheidendes hervorzuheben ist. Dieses leichte Metall entzündet sich nicht, wenn es auf Wasser geworfen, wol aber, wenn es auf feuchtes Fließpapier gelegt wird, und verbrennt alsdann mit lebhaft gelb gefärbter Flamme. Seine Verbindungen machen in technischer Beziehung denen des Kaliums leicht den Rang streitig. Sowie die Holzasche das rohe Material ist, aus welchem die Pottasche und aus dieser fast alle übrigen Kaliumverbindungen ihren Ursprung ableiten, so ist das Kochsalz der verbreitetste natriumhaltige Körper, der zur

Fabrikation aller übrigen dient. Aus mächtigen Lagern mineralischen Steinsalzes, aus reichern und ärmern Salzsoolen, aus der gesalzenen Meeresflut werden die kleinen Krystallwürfel erhalten, die auf dem Tische des Aermsten und der Tafel des Reichsten für gleich unentbehrlich gelten. Unser reines Tafelsalz besteht in der That aus 40 Gewichtstheilen des silberglänzenden Metalls Natrium und 60 Gewichtstheilen des giftigen Chlors, und liefert uns somit einen ins Auge fallenden Beweis der großen Veränderung, die eintritt, wenn Stoffe aufeinander wirkend sich chemisch verbinden. Denn unser Kochsalz, weit entfernt, schädliche Wirkungen zu äußern, ist für das Verdauungsgeschäft unentbehrlich, und wenn es auch nicht dient, in Masse ein bleibender Bestandtheil unsers Körpers zu werden, so ist seine Rolle im Ernährungsprocesse nichtsdestoweniger von größter Bedeutung. Von den verschiedenen mitwirkenden Stoffen unsers Körpers ist es die Galle, die sich durch einen Gehalt an Natron auszeichnet. Es wurde bei der Geschichte des Chlors schon gezeigt, daß das Kochsalz als Material zu dessen Darstellung sowol als der Salzsäure dient. Das ätzende Oxyd des Natriums führt nämlich den Namen Natron und macht die Grundlage der Soda und der harten Seifen aus, dieser in den reinlichen Haushaltungen in so großer Menge verbrauchten Artikel. Die Entstehung der Sodafabriken bezeichnet gewissermaßen eine culturgeschichtliche Epoche, sodaß wir ganz besonders Veranlassung nehmen werden, auf dieselbe zurückzukommen. Endlich ist das Natron in Verbindung mit Kieselsäure der Hauptbestandtheil der gewöhnlichern Glassorten, sowie, mit Schwefelsäure vereinigt, des Glaubersalzes. Wie es scheint, ist der Entdecker dieses letztern von dessen abführender Wirkung so überrascht worden, daß er es das Wundersalz, Sal mirabile, nannte. Für die Pflanzenwelt erscheint das Natrium von weniger allgemeiner Bedeutung als das Kalium. Einige wenige Küstenpflanzen nehmen es indessen reichlich auf, sowie alle

im Meere befindlichen Gewächse, deren Masse allerdings höchst beträchtlich ist. Beim Verbrennen liefern diese Pflanzen eine Asche, die fast ganz aus Soda besteht, sodaß letztere früher ausschließlich auf diese Weise erhalten wurde.

Calcium.

Das Calcium ist das Metall des bereits mehrfach erwähnten Kalks. Mit Kohlensäure verbunden, ist dieser ein verbreitetes Mineral, das in sehr verschiedenen Formen, unter verschiedenen Namen sich findet. Dahin gehören der schön krystallisirte Kalkspath, der weiße, körnige Marmor von Paros und Lipari, dieses unvergleichliche Material für die Hand des bildenden Künstlers, und die bunten Marmorarten, die so vielfache Verwendung finden. Erdig und abfärbend bildet der kohlensaure Kalk unser nützliches Schreibmaterial, die Kreide, während aus harten Kalkplatten, vom feinsten Korn, die geschätzten lithographischen Steine bestehen. Den Schluß dieser Kalksorten bildet dann der gemeine Kalkstein, der nach seiner Wanderung durch die Glut des Kalkofens das Bindemittel zu unsern Bauwerken abgibt. Alle diese Kalke geben, wie dies früher schon näher erörtert wurde, ihre Kohlensäure in der Glühhitze ab, und gehen dadurch in ätzenden, mit Wasser löschbaren Kalk über. Von weitern Verbindungen des Kalks heben wir den schwefelsauern Kalk, kürzer Gyps genannt, hervor, der uns eine leichte Ausführung treuer Copien plastischer Kunstwerke gestattet. Mit Kieselsäure verbunden, ist der Kalk Bestandtheil des sogenannten Milchglases und vieler Minerale. Der phosphorsaure Kalk bildet die harte Masse unsers Knochengerüstes. Die Verbindung des Kalks mit Chlor, der sogenannte Bleichkalk oder Chlorkalk, ist ein in den Kattunfabriken zu den Bleichungen in großer Menge verwendetes Material.

Das Gesagte überzeugt uns leicht von der großen und allgemeinen Wichtigkeit des Kalks in technischer Beziehung.

Allein auch für das Thier- und Pflanzenleben haben wir den Kalk als einen der einflußreichsten mineralischen Stoffe anzusehen. Neben Kali macht der Kalk den Hauptbestandtheil der Pflanzenaschen aus, und für die Entwickelung mancher Pflanzenarten und Pflanzentheile, wie z. B. des Klees und der Getreidekörner, erscheint derselbe unentbehrlich. Ganze Thierclassen bilden aus kohlensauerm Kalke ihre Gehäuse, die Schalen ihrer Eier, und aus phosphorsauerm Kalke ihre Knochenmasse.

Barium.

Das Barium ist bemerkenswerth als das schwerste unter den leichten Metallen, denn es ist vier mal dichter als das Wasser. Im Vergleiche mit den seither genannten erscheint seine Bedeutung sehr untergeordnet. Das schwefelsaure Bariumoxyd, ein unter dem Namen Schwerspath bekanntes Mineral, wird, fein gemahlen, in ähnlicher Weise als Farbe benutzt wie das Bleiweiß. Sehr charakteristisch ist es jedoch, daß eine Flamme eine schöne zeisiggrüne Färbung erhält, wenn etwas salpetersaurer Baryt in dieselbe gebracht wird, weshalb dieses Salz Anwendung in der Kunstfeuerwerkerei findet.

Strontium.

Das Strontium ist ebenfalls fast nur den Feuerwerkern von technischem Interesse, denn das salpetersaure Strontium wird von diesen zur Darstellung eines prachtvollen rothen Feuers benutzt. Das Strontium ist dadurch im vollen Sinne des Worts zu einer Rolle auf der Bühne berufen; denn ihm ist der rothe Feuerschein in der „Stummen von Portici" und in vielen andern unserer effectreichen neuen Prunkstücke zu verdanken.

Magnesium.

Das Magnesium ist verbreiteter und wichtiger als die beiden vorhergehenden Metalle. Seine Verbindungen zeich-

nen sich durch Bitterkeit des Geschmacks und medicinische Wirksamkeit aus. Daher hat sein Oxyd den Namen Bittererde, und dessen Verbindung mit Schwefelsäure den des Bittersalzes erhalten. Dieses abführend wirkende Salz ist Bestandtheil vieler Mineralquellen, wie der von Epsom, Saidschütz, Kissingen u. s. w. Auch das Meer enthält Bittererdesalze, und sein Wasser hat daher den bitterlich-salzigen Geschmack. Neben dem Kalke trifft man in vielen Pflanzentheilen auch die Bittererde an, so namentlich mit Phosphorsäure verbunden in den Cerealien. Ebenso enthalten manche thierische Concretionen und Secretionen, z. B. Knochen und Harn, Bittererdesalze.

Aluminium.

Das Aluminium, der metallische Bestandtheil der Thonerde, die auch Alaunerde oder Aluminium heißt, ist ein graues Pulver, das jedoch einigen weißen Metallglanz annimmt, wenn es mit einem Polirstahle gerieben wird. Dieses Metall gehört mit zu den verbreitetsten Elementen, und ist zugleich in solcher Masse vorhanden, daß es in dieser Hinsicht dem Kiesel sich anreiht.

Die Besprechung der Verbindungen des Aluminiums bietet für den Unbewanderten eine gewisse Schwierigkeit, wegen der für sie üblichen Benennungen. Man wird überhaupt im Verlaufe der Darstellung bemerkt haben, daß für die meisten chemischen Verbindungen zweierlei Namen bestehen, wovon der eine gewissermaßen der Sprache des Verkehrs entnommen ist, während der andere sich auf die chemische Zusammensetzung bezieht und diese ausdrücken soll. Die erstere Benennung ist daher als eine empirische, die letztere als die theoretische anzusehen. Dieser Umstand ist für den Lernenden sehr verwirrend, zumal da in verschiedenen chemischen Werken bald die eine, bald die andere Bezeichnung angewendet wird. Man könnte mit Recht von den Chemikern verlangen, daß sie hierin sich vereinigten und

einer streng wissenschaftlichen Nomenclatur sich bedienten. Allein hier stellen sich unüberwindliche Schwierigkeiten entgegen. Erstlich, wer soll in einer Wissenschaft, die der Welt angehört, die dictatorische Macht ausüben und die Namen ertheilen? Natürlich kann dies nur von einer wissenschaftlichen Größe ersten Ranges geschehen, und in der That hat Berzelius eine Nomenclatur aufgestellt, welche für einen großen Theil der chemischen Verbindungen ausreicht und allgemeine Geltung erlangt hat. Allein stets wird es Reihen chemischer Verbindungen geben, über deren Zusammensetzung noch Ungewißheit oder ganz verschiedene Ansichten herrschen, und in der Praxis würden die langen, wissenschaftlichen Benennungen sich unbequem handhaben lassen. Daher gebraucht selbst Berzelius in den meisten Fällen die gemeinhin üblichen Namen, z. B. Wasser anstatt Wasserstoffoxyd, und Kalk anstatt Calciumoxyd, ferner Kochsalz anstatt Chlornatrium, und Gyps anstatt schwefelsaures Calciumoxyd u. s. w.

Wir werden später sehen, daß die Chemiker noch eine Zeichensprache haben, wodurch sie die Zusammensetzung eines Körpers viel kürzer und genauer auszudrücken im Stande sind als durch Worte.

So hat denn auch das Oxyd des Aluminiums den Namen der Thonerde behalten, die in der Natur in so verschiedenen Zuständen sich vorfindet, daß wir des Contrastes von Kohle und Diamant uns erinnern. Denn Edelsteine, die den ersten Rang nach dem Diamant einnehmen, wie der Saphir und Rubin, bestehen ebenso aus reiner Thonerde wie der Smirgel, ein gemeines, unscheinbares Mineral, das nur durch große Härte sich auszeichnet und deshalb zum Poliren des Stahls verwendet wird. Die auf chemischem Wege abgeschiedene reine Thonerde ist eine weiße, unschmelzbare, an der Zunge stark anklebende Masse.

Am wichtigsten erscheint uns die Verbindung der Thonerde mit der Kieselsäure, welche Thon genannt wird, und leicht tritt der Fall ein, daß die Aehnlichkeit der Namen

Thonerde und Thon diese beiden Körper verwechseln läßt, die, wie erwähnt, eine sehr verschiedene Zusammensetzung haben.

Der Thon ist Bestandtheil einer großen Familie von Mineralen, durch deren Verwitterung er in den Ackerboden übergeht, dem seine Anwesenheit die unschätzbare Eigenschaft verleiht, das Wasser aufzusaugen und zurückzuhalten. Der von dem Landbauer so werthgehaltene Mergelboden ist in der That ein Gemenge von Thon und Kalk in geeignetem Verhältnisse, denn ein allzu großer Gehalt des erstern verleiht dem Boden zu viel Feuchtigkeit und Festigkeit, sodaß er nur eine dürftige Vegetation erträgt.

Die Porzellanerde besteht aus einem reinen, ungefärbten Thone, welches kostbare Material nur selten in einzelnen Gegenden sich findet, während der Pfeifenthon häufiger ist. Lehm oder Letten heißt der durch Eisenoxyde gelb, roth oder grau gefärbte, sehr allgemein verbreitete Thon, und die bekannte Verwendung der genannten Thonarten zu Geschirren aller Art, von den Kunstwerken der Manufacturen von Berlin, Sèvres und Meißen bis zu den berußten Töpfen unserer Küchen, lassen den Werth dieses Materials sehr ins Auge fallen.

Ein eigenthümliches Verhalten zeigt die Thonerde gegen die Pflanzenfarben und die pflanzliche Faser, indem sie mit beiden in Wasser unlösliche Verbindungen bildet. Sie ist dadurch in der Färberei der unentbehrliche Vermittler zwischen derselben geworden, indem z. B. Baumwollenzeuche zuerst in eine Thonerdelösung, die sogenannte Beize, und nachher in die Abkochung eines Farbholzes gebracht und hierdurch dauerhaft gefärbt werden. Zu dieser Verwendung in der Färberei dient in der Regel der Alaun, eine Verbindung von schwefelsaurer Thonerde mit schwefelsauerm Kali, und überdies ausgezeichnet durch seine schöne Krystallform.

Endlich ist noch zu bemerken, daß die Thonerde ein gewöhnlicher Bestandtheil der Pflanzenaschen, und somit von

physiologischer Bedeutung ist, die sich jedoch nicht auf das zoologische Gebiet erstreckt.

Ueberblicken wir nochmals die ganze Gruppe der leichten Metalle, so läßt sich eine allgemeine Charakteristik derselben entwerfen und den schweren Metallen vergleichend gegenüberstellen.

Die leichten Metalle sind silberglänzende Körper von geringerer Dichte und Härte, die im metallischen Zustande keine technische Verbindung haben. Ihre Verbindungen mit Sauerstoff, Chlor und Schwefel sind zum größern Theile in Wasser löslich und von eigenthümlichem, salzigem Geschmacke und farblos. Mit Ausnahme der Barytsalze zeigt keine dieser Verbindungen eine giftige Wirkung. Ihrer medicinischen Wirksamkeit erinnert man sich bei den Namen Aetzkali, salpetersaures Kali, Jodkalium, Schwefelkalium oder Schwefelleber, Chlornatrium, doppelt kohlensaures Natron, Bittererde, Bittersalz, Glaubersalz, indem diese die gebräuchlichsten derselben sind. Die technische Bedeutung der Verbindungen leichter Metalle knüpft sich an die Namen von Pottasche, Soda, Salpeter, Kochsalz, Glas, Kalk, Bleichkalk, Thon, Porzellan und Alaun. In Hinsicht auf Ackerbau erinnern wir, daß dieselben in Verbindung mit Kieselsäure die Hauptmasse Dessen ausmachen, was wir Erde, Boden und Gestein nennen. Die Verbindungen leichter Metalle stehen in wichtiger Beziehung zum Pflanzen- und Thierleben, und als vegetabilische Nahrungsmittel haben wir anzuführen das Kali, Natron, den Kalk, die Bittererde und Thonerde, während Kochsalz, Kalk und Bittererde unentbehrlich für die animalische Ernährung sind.

B. Schwere Metalle.

Die schweren Metalle sind glänzende Körper, deren Farbe jedoch die Unterschiede von silberweiß, grauweiß, grau bis grauschwarz, gelblich, gelb und roth darbietet, und es erscheint hierdurch schon angedeutet, daß wir diese Metalle als

die färbenden Principien der unorganischen Materie anzusehen haben. Dieselben besitzen eine große Dichte und Härte, und auf diese Eigenschaften gründet es sich, daß sie ihre Hauptanwendung in der Technik im metallischen Zustande finden. Der größere Theil ihrer Verbindungen mit Sauerstoff, Chlor und Schwefel ist in Wasser unlöslich; die löslichen haben einen eigenthümlichen, unangenehmen Geschmack, den sogenannten Metallgeschmack, und fast alle besitzen eine entschiedene, lebhafte Farbe. Sie ertheilen den Gesteinen und Erden die Farbe, während die leichten Metalle deren Masse bilden. So sind es Eisen und Mangan, von welchen die gelben, braunen und rothen Färbungen herrühren, während Blau oder Grün die Charakterfarbe der Kupfer-, Kobalt- und Chromverbindungen ist.

Die Verbindungen der schweren Metalle äußern eine den Pflanzen- und Thierkörpern nicht zusagende, in der Regel sogar nachtheilige, giftige Wirkung, in welcher Beziehung namentlich Blei, Zink, Antimon, Kupfer und Quecksilber hervorzuheben sind. Andererseits bilden mehre derselben eben durch diese energische Reaction auf die Function der Organe in geringen Gaben Arzneimittel von unschätzbarer Wirksamkeit. In der Technik sind es abermals die färbenden Qualitäten, welche die Verbindungen der schweren Metalle in jeder Art der Malerei sowie in der Färberei von Wichtigkeit erscheinen lassen. Namen, wie Grünspan, Röthel, Ocker, Berlinerblau, Zinnober, Bleiweiß erinnern sogleich an die Gebräuchlichkeit solcher Metallfarben.

Auffallend erscheint dagegen die geringe Bedeutung der schweren Metalle für die pflanzliche und thierische Lebensverrichtung. Zwar finden sich in den Pflanzenaschen Eisen und Mangan als selten fehlende Bestandtheile, allein in so äußerst geringer Menge, daß ihre Anwesenheit als eine zufällige erscheint. Im Thierkörper ist dagegen das Eisen das einzige überhaupt und mit Bedeutung auftretende schwere Metall.

Es hängt bekanntlich ganz von den Eigenschaften der Metalle ab, welche Anwendung wir denselben geben, und Härte, Dehnbarkeit, Glanz, Unveränderlichkeit an der Luft und die Schmelzbarkeit bestimmen es, ob ein Metall zu Werkzeugen, schneidenden Instrumenten, Platten und Draht, zu Gußwerken oder Schmiedesachen zu gebrauchen sei. Auch lassen sich durch Verschmelzung mehrer Metalle die Eigenschaften derselben bestimmten Zwecken entsprechend ausgleichen. Solche Metallgemische, die man Legirungen nennt, sind z. B. das Messing, aus Zink und Kupfer, und die Bronze, aus Zinn und Kupfer bestehend.

Wir lassen nun in der nähern Charakteristik die unedeln Metalle den edeln vorausgehen.

Eisen.

Das Eisen mag nicht mit Unrecht an die Spitze der Metalle gestellt werden, in einer Zeit, die trotz aller aus Californien und Neusüdwales neu zuströmenden Goldmassen mit größerm Rechte als das eiserne Zeitalter zu bezeichnen ist. Denn immer mehr wird die Erde eingesponnen in ein Netz von eisernen Schienen, und selbst die unstäte Flut wird vom Eisen beherrscht, das mit Bogenstrebungen und Kettengehängen und röhrenförmigen Brücken entfernte Ufer verbindet und, zum Kiele eiserner Schiffe geformt, die Flut der Meere durchschneidet. Es ist bemerkenswerth, daß im hohen Alterthume das Eisen zwar schon bekannt war, bei Griechen und Römern jedoch vielfach die leichter darstellbare und zu behandelnde Bronze anstatt desselben verarbeitet wurde.

Gewichtige Minerale, die durch gelbe, braune und rothe Farbe sich auszeichnen und vom Magnete angezogen werden, verrathen durch diese Eigenschaften ihren Eisengehalt. Solche Eisenerze, die hauptsächlich aus Eisen und Sauerstoff bestehen, werden, mit Kohle gemengt, einer heftigen Glut ausgesetzt, in welcher die Kohle mit dem Sauerstoff

zu gasförmig entweichender Kohlensäure sich vereinigt, während das Eisen als glühender Strom in Formen von Sand fließt, wo es zum sogenannten Gußeisen erstarrt. Dieses Gußeisen enthält fünf bis sechs Procent Kohlenstoff, und wenn ihm dieser bis auf etwa zwei Procent entzogen wird, so verwandelt es sich in Stahl, während das gänzlich von Kohle befreite Eisen den Namen Schmiedeeisen erhalten hat. Diese drei Eisenarten haben so auffallend abweichende Eigenschaften, als ob sie ganz verschiedene Metalle wären, und es rührt dies lediglich von dem erwähnten Kohlengehalt derselben her. Das kohlehaltige Gußeisen ist verhältnißmäßig leicht schmelzbar, aber hart und spröde, und läßt sich weder mit der Feile noch mit dem Hammer bearbeiten. Das kohlenfreie Schmiedeeisen ist in der allerstärksten Weißglühhitze kaum schmelzbar. Es wird darin jedoch weich, unter dem Hammer knetbar wie Wachs. Dabei ist es außerordentlich zähe und läßt sich in Platten walzen und zu feinem Draht ausziehen. Der Stahl endlich, der einen geringen Kohlengehalt hat, vereinigt, je nach der ihm werdenden Behandlung, Härte und Sprödigkeit oder Härte und Elasticität. Wird nämlich dieses merkwürdige Metall rothglühend gemacht und rasch in kaltes Wasser getaucht, was der Stahlarbeiter das Ablöschen nennt, so erlangt der Stahl außerordentliche Härte, die wir an Feilen, Steinmeiseln und Metallbohrern schätzen. Allein dem also gehärteten Stahle können durch gelindes Glühen und langsames Erkaltenlassen verschiedene Abstufungen von Härte und Elasticität gegeben werden, wodurch er ein zur Anfertigung von Uhrfedern, Klingen, Sägeblättern und vielen andern nützlichen Geräthen geschicktes Material wird.

Die gleichzeitige Einwirkung von Feuchtigkeit und Luft wirken rasch oxydirend auf das Eisen, wie uns das schnelle Rosten von in die Erde gebrachten eisernen Gegenständen zeigt. In der Luft befindliche Eisengeräthe, z. B. Geländer und Ketten, die alsbald wieder trocken werden, haben eine

größere Haltbarkeit, die man überdies durch schützende Anstriche von Farben und Firnissen zu erhöhen sucht.

Die löslichen Eisensalze zeichnen sich durch ihren herben Geschmack und durch die violette bis schwarze Färbung aus, die entsteht, sobald sie mit gerbstoffhaltigen Flüssigkeiten, z. B. Auszügen von Galläpfeln oder Eichenrinde, in Berührung kommen. Es zeigt sich diese Einwirkung schon, wenn wir Obst mit einem eisernen Messer zerschneiden. Daher haben die Eisensalze eine ausgebreitete Anwendung zum Färben der Zeuge, des Holzes, des Leders, vom Violett bis ins Schwarze, und unser wichtiges Verkehrsmittel, die Tinte, ist eine solche eisenhaltige Farbe. Als Typus der Eisensalze mag das schwefelsaure Eisenoxydul dienen, dessen schöne, blaßgrüne Krystalle auch noch den ältern Namen grüner Vitriol führen.

Der rothe Farbstoff des Blutes enthält Eisen, und dessen Gesammtgemenge vom Blute eines Erwachsenen beträgt etwa ein halbes Loth. Daß dieser Eisengehalt eine Bedeutung für die Lebensverrichtung hat, geht aus der günstigen Wirkung eisenhaltiger Mineralwasser bei solchen Uebeln hervor, von denen wir wissen, daß sie die Folge einer fehlerhaften Beschaffenheit des Blutes sind.

Mangan.

Das Mangan ist ein dem Gußeisen ähnliches, sehr hartes und sprödes Metall, das nur in der allerstärksten Hitze zum Schmelzen gebracht werden kann und keiner technischen Anwendung fähig ist. Eine sauerstoffreiche Verbindung desselben, die Manganüberoxyd oder Braunstein heißt, wird jedoch in der wissenschaftlichen und technischen Chemie vielfach benutzt. Ein Mangangehalt kann den Mineralen rosenrothe, violette, braune und schwarze Färbungen ertheilen. Das Mangan ist zwar sehr allgemein verbreitet, jedoch selten in größerer Masse sich zeigend.

Chrom.

Auch das Chrom theilt mit dem reinen Eisen und Mangan die geringe Schmelzbarkeit. Es ist in der That noch nicht gelungen, dasselbe in rechten Fluß zu bringen, daher von einer metallischen Verwendung desselben keine Rede sein kann. Erst 1797 ist das Chrom entdeckt worden und es hat seinen Namen, der soviel wie „Farbe" bedeutet, deshalb erhalten, weil alle seine Verbindungen lebhaft gefärbt sind, sodaß es deren von blauer, grüner, gelber, orangegelber, zinnoberrother, granatrother und violetter Farbe gibt. Eine nützliche Anwendung haben jedoch nur das chromsaure Bleioxyd, Chromgelb genannt, und das grüne Chromoxyd, und zwar das letztere vorzüglich in der Glas- und Porzellanmalerei. Das Chrom ist eins der weniger verbreiteten Metalle.

Kobalt.

Das Kobalt ist zwar ebenfalls sehr streng flüssig, doch gelingt es, dasselbe in geschmolzenem Zustande darzustellen, in welchem es stahlgrau erscheint und eine schöne Politur annehmen kann. Man verwendet dasselbe jedoch nicht als Metall, sondern mehre seiner Verbindungen, namentlich das kieselsaure Kobaltoxyd, das Smalte genannt wird und eine schöne blaue Farbe ist. Andere seiner Verbindungen sind rosenroth. Im Ganzen ist das Kobalt eins der weniger häufigen Metalle.

Nickel.

Das Nickel läßt sich gleich den seither genannten Metallen nur durch das heftigste Schmiedefeuer schmelzen; allein es nähert sich in seinen Eigenschaften mehr dem Eisen, da es sich in Platten hämmern und selbst zu Draht ausziehen läßt. Die meisten Verbindungen des Nickels zeichnen sich durch eine schöne grüne Farbe aus.

Für sich allein wird das Nickel nicht verarbeitet, allein das sogenannte Neusilber oder Argentan ist eine Legirung,

die aus zehn Theilen Kupfer, sechs Theilen Zink und vier Theilen Nickel besteht und zu allerlei Verzierungen verwendet wird. Zu Küchengeräthen ist es nicht empfehlenswerth, da es von sauern Speisen leicht angegriffen wird und diese vergiftet.

Die vorstehenden Metalle bilden durch manche Uebereinstimmung oder Aehnlichkeit gewissermaßen eine kleine Familie. So sind Eisen, Mangan, Chrom, Kobalt und Nickel nur in der stärksten Weißglühhitze schmelzbar, hart, grauweiß und sechs bis acht mal dichter als Wasser. Eisen, Nickel und Kobalt stimmen überdies noch darin überein, daß sie vom Magnete angezogen werden.

Zink.

Das Zink ist ein bläulich-weißes, auf dem Bruche glänzend krystallinisches Metall, das an sich sehr spröde ist. Wenn es aber bis etwa zum Siedepunkte des Wassers erwärmt wird, so läßt es sich in Bleche auswalzen, die vielfach zu Dachbedeckungen, Badewannen u. dergl. verarbeitet werden. In sehr starker Hitze verwandelt sich das geschmolzene Zink in Dampf, und es kann daher der Destillation unterworfen werden. An freier Luft verbrennt es mit weißer, stark leuchtender Flamme. Es ist sieben mal dichter als Wasser.

Die Verbindungen des Zinks sind giftig und mehre derselben haben Anwendung in der Medicin, namentlich bei Augenleiden. Das Zinkoxyd ist unter dem Namen Zinkweiß in der neuesten Zeit ein Fabrikationsartikel von größter Verbreitung geworden. Es wird als weiße Farbe zum Anstreichen verwendet, indem es vor dem seither gebräuchlichen Bleiweiß den Vorzug hat, daß es mit der Zeit nicht gelb und braun wird. Auch wird in der Färberei das schwefelsaure Zinkoxyd angewendet.

Am bedeutendsten ist dieses Metall jedoch durch seine Legirung mit Kupfer, welche das bekannte Messing bildet.

Zinn.

Das Zinn nähert sich durch seinen lebhaften weißen Glanz sehr dem Ansehen des Silbers und behauptet denselben an der Luft ziemlich unverändert, wie wir an den blanken Geschirren wahrnehmen, die aus demselben gefertigt werden. Auch läßt sich das Zinn in sehr dünne Blättchen, unechtes Blattsilber genannt, schlagen und zu Stanniol auswalzen, mit welchem die Pfropfen der Champagnerflaschen verwahrt werden. Die Vanille und feinen Chocoladen pflegt man ebenfalls in solche Zinnfolie einzuwickeln. Ganz eigenthümlich ist dem Zinn ein knirschendes Geräusch, welches entsteht, wenn ein Stück Zinn gebogen wird. Das Zinn schmilzt schon bei der verhältnißmäßig sehr niedern Temperatur von etwa 200° R., und nicht selten tritt zum Schrecken der Hausfrauen der Fall ein, daß auf den Ofen gestellte Zinngeräthe schmelzen, wenn sie kein Wasser enthielten.

Das Zinnoxyd wird zur Bereitung des Email und undurchsichtiger Glasur der Thongeschirre verwendet, während die löslichen Zinnsalze in der Färberei gebräuchlich sind.

Die wichtigsten Anwendungen findet jedoch das Zinn zur Darstellung der verzinnten Eisenplatten, die unter dem Namen von Weißblech zu so vielen Geräthen verarbeitet werden, und in seinen Legirungen mit Kupfer, als Bronze.

Blei.

Das Blei ist ein Metall von sehr bedeutendem specifischen Gewicht, denn es ist elf mal dichter als Wasser. Es hat eine blaugraue Farbe und einen lebhaften Glanz, der an der Luft sich jedoch schnell verliert, indem es matt wird und mit einer grauen sauerstoffhaltigen Schicht sich überzieht. Unter allen schweren Metallen ist das Blei das weichste, denn es kann mit dem Messer zerschnitten werden. Auch läßt es sich in dünne Platten walzen und zu Röhren auspressen. Es schmilzt bei 260° R. Seine große Dichte macht

es vorzüglich geeignet, in der Form von Kugel und Schrot, aus den kleinern Geschossen hervorgehend, eine verderbliche Wirkung zu äußern. Von Speisen ist das Blei durchaus entfernt zu halten, da seine Verbindungen höchst giftige Wirkungen äußern, was bei bleihaltigen Zinngeschirren schon öfter zum Nachtheil sich herausstellte.

Die Verbindungen des Bleies haben eine ausgedehnte gewerbliche Verwendbarkeit. Das Bleioxyd, gewöhnlich Bleiglätte genannt, bildet mit Kieselsäure ein leicht schmelzbares, sehr durchsichtiges Glas, mit welchem unsere gewöhnlichen irdenen Geschirre überzogen oder glasirt werden. Wenn diese Glasur unvollkommen eingebrannt ist, so können solche Geschirre sehr gefährlich werden, namentlich wenn Essig oder sonst saure Speisen in dieselben gebracht werden.

Als Farben dienen das gelbrothe Bleioxyd, Mennige genannt; ferner in sehr ausgedehntem Maße das kohlensaure Bleioxyd, das bekannte Bleiweiß und das essigsaure Bleioxyd, ein Salz, das wegen seines süßlichen Geschmacks auch den Namen Bleizucker erhalten hat.

Endlich ist nicht zu vergessen, daß mehre Bleiverbindungen sehr heilsame Arzneimittel sind, und zwar vorzugsweise im äußerlichen Gebrauche, zu Salben, Pflastern und Wundwassern.

Wismuth.

Das Wismuth zeichnet sich durch eine grauweiße, zugleich jedoch ins Röthliche gehende Färbung aus, sowie durch seine große Geneigtheit, die krystallinische Form anzunehmen. Es kann in der That durch die geeigneten Handgriffe leicht in schönen Krystallen erhalten werden, deren Oberfläche in einem bunten Farbenspiele erglänzt. Weder an sich noch in seinen Verbindungen ist das Wismuth von besonderer technischer Wichtigkeit; doch ist es interessant, daß eine Legirung von einem Theil Blei, einem Theil Zinn und zwei Theilen Wismuth schon in siedendem Wasser schmilzt.

Man bedient sich solcher leichtflüssigen Metallcompositionen zum Abgießen von Formen, sogenannter Clichés u. s. w.

Antimon.

Das Antimon ist ein silberweißes Metall, von lebhaftem Glanze, der sich an der Luft wohl erhält. Auf dem Bruche ist es körnig, krystallinisch und so spröde, daß es sich im Mörser leicht zu Pulver zerstoßen läßt.

Die Antimonverbindungen sind zwar giftig, aber nichtsdestoweniger von großem medicinischen Werthe. Es sind in dieser Beziehung hervorzuheben: das schwarze Schwefelantimon oder Spießglanz, das orangefarbene Schwefelantimon oder Goldschwefel, das rothe Schwefelantimon, auch Mineralkermes genannt. Die Oxyde des Antimons finden wir ebenfalls dem Arzneischatze eingereiht, sowie den antimonhaltigen Brechweinstein.

Mit drei Viertel Blei legirt, bildet das Antimon die äußerst nützliche Composition, welche zum Gießen der Buchdruckerlettern verwendet wird.

Kupfer.

Das Kupfer ist ein schon den Phöniciern bekannt gewesenes Metall, das dieselben von der Insel Cypern holten, woher auch der lateinische Name Cuprum, und von diesem der deutsche abgeleitet wird. Es hat eine schöne morgenrothe Farbe und lebhaften Glanz, der an der Luft sich jedoch bald verliert, indem es sich mit einer Oxydschicht überzieht und dadurch eine braune Farbe erhält. Das Kupfer ist ein hartes und dabei zähes und dehnbares Metall, das sich walzen und in Draht ziehen läßt. Die vielfache Anwendung des Kupferblechs darf als bekannt vorausgesetzt werden.

Die Verbindungen des Kupfers haben eine giftige Wirkung, und es ist hier die bei metallenen Geräthen überhaupt empfehlenswerthe Vorsicht wiederholt anzurathen. Außerdem zeichnen sich die Kupferverbindungen durch schöne blaue

und grüne Färbungen aus. Es werden in dieser Hinsicht der Grünspan, der Malachit und die Kupferlasur angewendet.

Eine wichtige Rolle spielt das Kupfer ferner in seinen Legirungen mit andern Metallen. Als eine solche wurde bereits das Neusilber angeführt. Ein Gemisch von zwei Theilen Kupfer und einem Theile Zink bildet das Messing, das sich leichter schmelzen und auf der Drehbank bearbeiten läßt als das reine Kupfer. Auch die unter dem Namen von Tomback und Similor und unechtem Blattgolde bekannten Metallcompositionen bestehen aus Kupfer, in Verbindung mit Zink. Dagegen geben Kupfer und Zinn in verschiedenen Verhältnissen, von welchen ersteres in der Regel zwei Drittel beträgt, Legirungen, die als Glockenmetall, Kanonenmetall und Bronze angewendet werden. Die Waffen und Rüstzeuge der Alten bestanden aus einer Bronze, die viel Kupfer und wenig Zinn enthielt.

Quecksilber.

Das Quecksilber hat im Vergleiche mit den übrigen Metallen so auffallende Eigenschaften, daß es als eine merkwürdige Ausnahme vom Gewöhnlichen ganz isolirt dasteht. Obgleich es eins der dichtesten Metalle ist, nämlich dreizehn mal dichter als Wasser, so haben seine Theile doch nur einen sehr geringen Zusammenhang, daher es flüssig erscheint. Schon die Griechen waren von dieser Thatsache lebhaft betroffen und ertheilten diesem Metalle den passenden Namen „flüssiges Silber" (Hydrargyron). Als schwerer, flüssiger und zugleich an der Luft nicht veränderlicher Körper hat nun das Quecksilber mehre Anwendungen gefunden, in welchen es unersetzbare Dienste leistet, nämlich zur Herstellung der Barometer und Thermometer. Für letztere ist es zur Bestimmung von Temperaturen anwendbar, die bis 32° unter den Gefrierpunkt des Wassers gehen und bis 280° R. über den Siedepunkt desselben. Bei größerer Kälte wird

das Quecksilber fest, hämmerbar und dem Silber sehr ähnlich und bei größerer Hitze fängt es an zu sieden.

Die Dämpfe des Quecksilbers äußern eine sehr giftige Wirkung und dasselbe ist bei seinen Verbindungen der Fall, von welchen das zweifache Chlorquecksilber, Sublimat genannt, als das gefährlichste aller metallischen Gifte angesehen wird.

Nichtsdestoweniger sind mehre derselben als Mittel von höchst schätzenswerther Wirksamkeit in den Arzneischatz aufgenommen worden, wie namentlich das einfache Chlorquecksilber oder Calomel, der Sublimat und das rothe Quecksilberoxyd. Das Schwefelquecksilber bildet die unter dem Namen Zinnober bereits früher erwähnte schöne, rothe Farbe.

Gegen andere Metalle zeigt das Quecksilber ein eigenthümliches Verhalten, indem es mit Ausnahme des Eisens alle auflöst, ähnlich wie Wasser den Zucker. Legirungen des Quecksilbers mit Metallen werden Amalgame genannt. Der metallische Ueberzug auf der Rückseite unserer Spiegel ist ein Amalgam aus Quecksilber und Zinn.

Das Quecksilber, welches den Anfang der Reihe der edeln Metalle macht, wird nur selten und an ganz isolirten Punkten angetroffen und hat daher einen bedeutenden Preis.

Silber.

Das Silber ist in Gestalt von Münzen unser gewöhnlichstes Tauschmittel und hierdurch, sowie durch seine Verwendung zu vielerlei Geräthen und Zierrathen, überall verbreitet. Zu letztern eignet es sich vorzüglich durch seine weiße Farbe und seinen außerordentlich lebhaften Glanz. Dieses Metall, das zehn mal dichter ist als Wasser, schmilzt in nicht allzu großer Hitze und ist so weich und dehnbar, daß es in äußerst dünne Blättchen geschlagen und in sehr feinen Draht ausgezogen werden kann. Wegen dieser Weichheit würde das dem Verkehre unterworfene Silber sehr rasch

sich abnutzen, daher es einen Zusatz von Kupfer erhält, der ihm größere Härte verleiht. Die groben Münzen haben einen Theil Kupfer auf neun Theile Silber.

Die Verbindungen des Silbers mit Chlor, Brom und Jod zeigen eine außerordentlich große Empfindlichkeit gegen das Licht, indem dieses eine Zersetzung derselben verursacht. Daguerre gründete hierauf seine interessante Entdeckung der Lichtbilder, die auf Silberplatten erzeugt werden, welche einen dünnen Ueberzug von Jodsilber erhalten haben. Das salpetersaure Silberoxyd ist ein giftiges, ätzendes Salz, welches unter dem Namen Höllenstein in der Chirurgie angewendet wird.

Alle seither genannten Metalle werden mehr oder weniger von den starken Säuren, wie Salzsäure, Salpetersäure und Schwefelsäure, und allmälig auch von den Pflanzensäuren und Fettsäuren angegriffen und aufgelöst. Auf die folgenden zeigen diese Säuren keine Einwirkung, und Gold und Platin sind nur in solchen Flüssigkeiten löslich, die freies Chlor enthalten, was bei einem Gemische von Salzsäure und Salpetersäure der Fall ist, welches daher Goldscheidewasser heißt.

Gold.

Das Gold behauptet hinsichtlich seiner Kostbarkeit den ersten Rang unter allen Metallen. Es findet sich fast nur gediegen in größern Massen und Körnchen, sowie in ganz feinen Blättchen und Stäubchen. Dabei hat es eine ziemlich allgemeine Verbreitung, indem der Sand der meisten Flüsse etwas Gold führt. So bedeutend die Rolle dieses prachtvollen Metalls im Leben ist, so untergeordnet ist sie in der Chemie, wovon einestheils der hohe Preis dieses Materials die Schuld tragen mag.

Das Gold ist neunzehn mal dichter als Wasser, weich und ungemein dehnbar und bei 900° R. schmelzbar. Zu Münzen erhält es einen kleinen Kupferzusatz und zu Schmuck-

sachen wird es entweder mit Kupfer oder mit Silber legirt, wodurch es eine dunklere oder hellere gelbe Farbe erhält.

Platin.

Das Platin ist erst seit der Entdeckung Amerikas bekannt geworden, wo Brasilien und Columbien die einzigen Fundorte desselben waren, bis es in neuerer Zeit auch am Ural aufgefunden wurde. Wir haben hier das schwerste aller Metalle vor uns, dessen Dichte einundzwanzig mal größer ist als die des Wassers. Da Platin gleich dem Golde von den Säuren nicht angegriffen wird und selbst in der Weißglühhitze unschmelzbar ist, so ist es dem Chemiker ein unschätzbares Material zu vielen Geräthen. Ja, es findet trotz seines hohen Preises, der die Mitte von Gold und Silber hält, selbst in chemischen Fabriken in größerm Maßstabe Anwendung, und es werden zur Concentrirung der Schwefelsäure Apparate aus Platin verwendet, die einen Werth von 10—16000 Thalern haben.

Die genannten Eigenschaften waren übrigens Ursache, daß erst in neuerer Zeit die Anwendung des Platins allgemeiner geworden ist; denn wie sollte der Metallarbeiter ein so unfügsames Material behandeln?

Erst auf chemischem Umwege ist es gelungen, das Platin in einen schmiedbaren Zustand zu bringen. Man kann nämlich eine Doppelverbindung von Chlorplatin mit Salmiak darstellen, die ein gelbliches Pulver bildet und Platinsalmiak genannt wird. Schwach geglüht, zersetzt sich dieselbe und hinterläßt metallisches Platin in Form einer grauen, porösen Masse, als sogenannten Platinschwamm. Indem man diesen stark preßt und nachher der Weißglühhitze aussetzt, erhalten die Theilchen des Platins den erfoderlichen Zusammenhang, sodaß es jetzt in dünne Bleche geschmiedet und selbst zu sehr feinem Drahte ausgezogen werden kann.

Das Platin hat in dem höchst fein vertheilten Zustande als Platinschwamm die höchst merkwürdige Eigenschaft, gas-

förmige Körper zu verdichten und dadurch die chemische Verbindung von Gasen zu bewirken. Hierauf beruht seine Anwendung zu den Zündmaschinen, bei welchen ein kleiner Strom von Wasserstoffgas, auf ein Platinschwämmchen geleitet, sich entzündet.

16. Theorie der Chemie.

Wenn nun der vorstehende kurze Abriß der wichtigern einfachen Stoffe und ihrer Verbindungen bei weitem unzureichend ist, eine genaue Bekanntschaft mit denselben zu vermitteln, so reicht er doch hin, um den Leser einigermaßen über den Umfang des Stoffs der Chemie zu unterrichten. Man wird einsehen, daß eine möglichst vollständige Beschreibung aller Elemente und ihrer Verbindungen in Hinsicht ihres Vorkommens, ihrer Darstellung oder Bereitung, ihrer physikalischen und chemischen Eigenschaften, ihrer technischen und physiologischen Bedeutung den Inhalt bändereicher Werke ausmacht.

An den Chemiker von Fach wird aber die Foderung gestellt, den wichtigsten Theil dieser zahlreichen chemischen Thatsachen nicht nur aus Büchern, sondern auch aus eigener Anschauung zu kennen. Der Chemiker muß in beständigem Umgang und Verkehr mit den Elementen im Stande sein, jedes derselben vor seine Untersuchung zu laden und durch alle seine Verbindungen zu verfolgen, damit endlich aus der Fülle der mannichfaltigsten Thatsachen und Erscheinungen das Gesetz sich entwickeln läßt.

Auf diese Weise bildete sich in der That die chemische Theorie, d. i. die Ansicht über die Ursachen, welche den in gesetzmäßiger Weise auftretenden chemischen Erscheinungen zu Grunde liegen.

17. Atomenlehre.

Die Grundlage der physikalischen und chemischen Anschauung des Wesens der Materie ist nun in Folgendem ausgesprochen.

Die Materie besteht aus kleinsten Theilen, welche Atome genannt werden. Alle Atome sind kugelförmig, allein sie können sehr verschieden sein in Gewicht, Farbe und sonstigen Eigenschaften. Jedes Atom ist mit gewissen Kräften ausgestattet, von welchen für unsere Betrachtung die Zusammenhangs- oder Cohäsionskraft und die chemische Anziehungskraft, auch Verwandtschaft oder Affinität genannt, die wichtigern sind. Die Atome sind sehr klein und das einzelne ist selbst bei der stärksten Vergrößerung durch ein Mikroskop dem Auge nicht sichtbar. Ein Atom kann weder durch ein mechanisches Mittel, noch durch irgendeine physikalische oder chemische Einwirkung getheilt werden: es ist eine untheilbare Masse.

Wenn ich also irgendeinen Körper in die Hand nehme, so habe ich eine Zusammenhäufung von außerordentlich vielen Atomen, die zusammen diesen Körper bilden, und die Eigenschaften desselben, seine Form, Farbe u. s. w. hängen von den Eigenschaften jener Atome und der Art ihrer gegenseitigen Gruppirung ab.

Es gibt Stoffe, die durchaus nur aus einerlei Atomen bestehen, und solche Körper werden einfache Stoffe oder chemische Elemente genannt. Ein Stück Schwefel ist die Zusammenhäufung von lauter kleinen Schwefelatomen. Eine gewisse Menge von Quecksilber besteht aus Quecksilberatomen.

Andere Körper werden von Atomen verschiedener Art gebildet und wir nennen dieselben chemische Verbindungen oder Gemenge von chemischen Verbindungen. Die chemische Analyse hat uns gezeigt, daß in dem Wasser Atome von

Sauerstoff und Wasserstoff angetroffen werden und daß der Zinnober aus Quecksilber- und Schwefelatomen besteht.

Als erste Grundkraft der Atome ist die Zusammenhangskraft oder Cohäsion einer weitern Betrachtung zu unterwerfen. Atome derselben Art, z. B. die des Schwefels, äußern eine gegenseitige Anziehung zueinander, die sich jedoch nur auf eine Sphäre von äußerst geringer Ausdehnung erstreckt. Wenn dieselben daher einander hinlänglich nahe kommen, sodaß sie in das Bereich ihrer Cohäsionskraft eintreten, so hängen sie infolge dieser mit einer gewissen Stärke aneinander und leisten einen entsprechenden Widerstand, wenn es versucht wird, sie wieder zu trennen.

Die Cohäsionskraft verschiedener Atome ist sehr ungleich. Die des Eisens und des Diamants z. B. hängen mit größerer Stärke aneinander als die des Schwefels und der Kohle, während die Atome des Wassers und des Quecksilbers noch geringern Zusammenhang zeigen, und endlich die Atome gasförmiger Körper so weit voneinander entfernt erscheinen, daß die Wirksamkeit ihrer Cohäsion sich gar nicht äußert, daher sie keinen Zusammenhang haben. Preßt man jedoch die Gase sehr stark zusammen, so werden ihre Atome einander so nahe gerückt, daß sie sich anziehen können und als flüssige oder feste Körper erscheinen.

Es ist möglich und wahrscheinlich, daß im Weltraume sich Massen von Materie befinden, deren Atome nicht den geringsten Zusammenhang besitzen, was der Fall sein kann bei dem Lichtdunste, welcher die Schweife der Kometen bildet.

18. Krystallbildung.

Wenn Atome einander hinreichend nahe kommen, um Zusammenhang zu erhalten, so ballen sie sich nicht regellos in einen Klumpen von zufälliger Gestalt, sondern sie ordnen sich nach bestimmten Gesetzen in regelmäßige Formen, in welchen jene wunderbare Symmetrie herrscht, die uns in

Erstaunen setzt, wenn wir einen Schneeflocken auf einer dunkeln Unterlage auffangen und sehen, wie er als Stern sich ausbreitet, der aus einzelnen kleinen Eisnadeln zierlich zusammengefügt ist. Die regelmäßigen Gestaltungen der unorganischen Materie werden Krystalle genannt, und wenn wir auch Tausende verschiedener Formen kennen, in welchen dieselben erscheinen, so gilt doch unwandelbar als Gesetz, daß einerlei Atome stets in derselben Krystallform sich einigen. Das Kochsalz z. B. wird man überall in Form von kleinen Würfeln krystallisirt finden, die treppenförmig aneinandergereiht sind. Man wird hier vielleicht einwenden, daß die scharfen Kanten und Ecken der Krystalle doch nicht wohl von solchen runden Körperchen, wie die Atome sein sollen, gebildet werden könnten. Allein bei der außerordentlich geringen Größe der Atome würden sich die kleinen Einkerbungen an den Kanten der aus denselben gebildeten Krystalle gar nicht wahrnehmen lassen.

Die erstaunliche Mannichfaltigkeit in den Formen der Krystalle hat dieselbe zum Gegenstande einer besondern, unter dem Namen der Krystallographie abgezweigten Wissenschaft gemacht. Es bietet diese dem Chemiker umsomehr Interesse, als ihre Resultate einen sehr bestimmten Zusammenhang zwischen der Krystallform eines Körpers und seiner chemischen Zusammensetzung nachweisen. So vielerlei Krystallformen es gibt, so lassen sich doch alle auf einige wenige Grundformen zurückführen, und somit alle Krystalle in fünf bis sechs Classen oder Systeme eintheilen.

Aus den Gesetzen der Krystallographie heben wir Einiges hervor:

1) Ein einfacher Stoff oder eine chemische Verbindung kann zwar in mehren verschiedenen Formen krystallisiren, allein alle diese lassen sich auf eine und dieselbe Grundform zurückführen. Nur ganz wenige Körper machen hiervon eine Ausnahme, indem sie in Formen auftreten, die zwei verschiede-

nen Systemen angehören. Solche zweigestaltige (dimorphe) Körper sind z. B. der Schwefel und der kohlensaure Kalk (Kalkspath).

2) Verschiedene einfache Stoffe sowie chemische Verbindungen, die aus verschiedenen einfachen Stoffen zusammengesetzt sind, können beim Krystallisiren die gleiche Form annehmen und werden alsdann gleichgestaltige (isomorphe) Körper genannt.

3) Die Atome isomorpher Körper haben gleiche Größe. Wenn daher aus irgendeiner chemischen Verbindung ein oder mehre Atome eines Stoffes ausgeschieden und durch die gleiche Anzahl eines isomorphen Stoffes ersetzt werden, so bringt dieser Austausch keine Veränderung in der Krystallform jener Verbindung hervor.

Suchen wir uns dieses zu versinnlichen, indem wir z. B. vier Erbsen zu einem regelmäßigen Viereck (Fig. 8) gruppiren. Diese Form bleibt unverändert, wenn wir eine der Erbsen hinwegnehmen und dieselbe durch eine Thonkugel von gleicher Größe ersetzen (Fig. 9). Dagegen nimmt die Gruppe eine wesentlich verschiedene Form an, sobald als Austausch eine größere oder kleinere Kugel von Wachs oder Brot dient (Fig. 10 und 11).

Fig. 8.

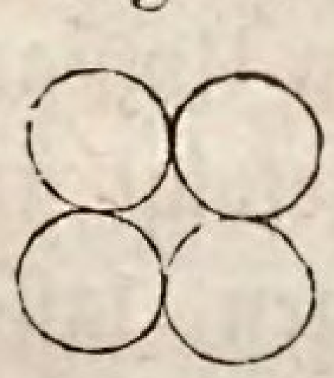


Fig. 9.

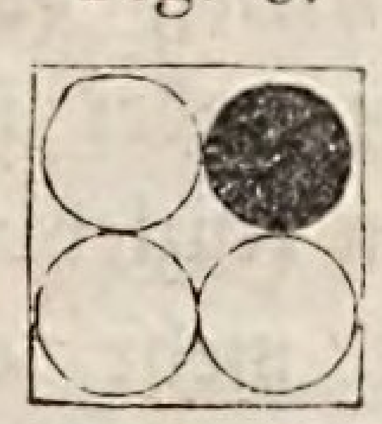


Fig. 10.

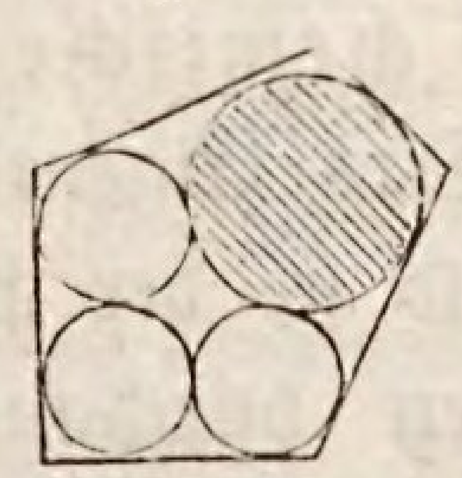
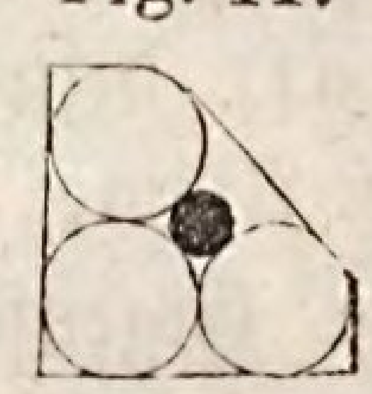


Fig. 11.



Eins der bekanntesten Beispiele des theilweisen Austausches der Bestandtheile chemischer Verbindungen bei unveränderter Krystallform bietet der Alaun dar. Derselbe besteht aus Schwefelsäure, Kali und Thonerde. Es kann nun die Schwefelsäure durch Chromsäure, das Kali durch Natron oder Ammoniak, die Thonerde durch Eisenoxyd er-

setzt werden, und immer erscheinen die Atome dieser Stoffe in derselben Weise gruppirt.

Wenn gleichwol die Materie unserer Umgebung nicht durchgängig in krystallinischer Form auftritt, so ist dies mehrfachen Ursachen zuzuschreiben. Erstlich gehört zur Bildung regelmäßiger Krystalle eine gewisse Zeit, welche die Atome bedürfen, um sich dem Gesetze gemäß zu ordnen, und dann werden viele vorhandene Krystallgebilde durch den Einfluß anderer Kräfte wieder zerstört. So besitzen die Pflanzen und Thiere eine organisch bildende Kraft, vermöge welcher sie die Atome nach ganz andern Gesetzen ordnen, als dies im Bereiche der unorganischen Materie der Fall ist, und während die Krystalle regelmäßige Gestalten, von ebenen Flächen, geradlinigen Kanten und von Ecken begrenzt sind, herrschen in den organischen Gebilden durchgehends die runden Formen.

Wir sehen daher die Materie in Hinsicht ihrer Form in dreierlei Weise sich darstellen, nämlich krystallisirt, organisirt und gestaltlos oder amorph. Das Letztere ist der Fall bei der Ackererde, dem Sande, dem Wasser und der Luft.

19. Chemische Verwandtschaft.

Wenn jedoch Atome verschiedener Art miteinander in Berührung kommen, so äußern auch diese eine gegenseitige Anziehung, welche chemische Anziehung oder Verwandtschaft heißt. Das Eigenthümliche dabei ist der Umstand, daß Atome, sobald sie der chemischen Anziehung gefolgt sind, ihre Eigenschaften durchaus nicht mehr erkennen lassen. Wenn z. B. Atome von Quecksilber mit solchen von Schwefel in die geeignete Berührung kommen, so ziehen sie sich chemisch an, und in dem Augenblick, wo diese verschiedenen Atome zusammentreten, sind sie als solche nicht mehr wahrnehmbar, indem an ihrer Stelle ein Körper mit ganz andern Eigenschaften erscheint, nämlich der Zinnober. Man nennt ein solches Zusammentreten verschiedener Atome eine

chemische Verbindung, und ist der Ansicht, daß diese Atome keineswegs aufhören, als solche zu existiren, solange sie miteinander verbunden sind. Man stellt sich vor, daß in jedem kleinsten Theilchen von Zinnober ein Schwefelatom an ein Quecksilberatom gereiht und durch die chemische Verwandtschaft mit diesem vereinigt ist. Dieser Ansicht gemäß wäre Fig. 12 ein aus den Atomen a bestehende Masse von Schwefel, Fig. 13 eine aus gleichviel Atomen b bestehende Quecksilbermenge. Indem beide chemisch miteinander sich verbinden, tritt je ein Schwefelatom a mit einem Quecksilberatom b zu dem zusammengesetzten Atom des Zinnobers a b (Fig. 14).

Fig. 12.

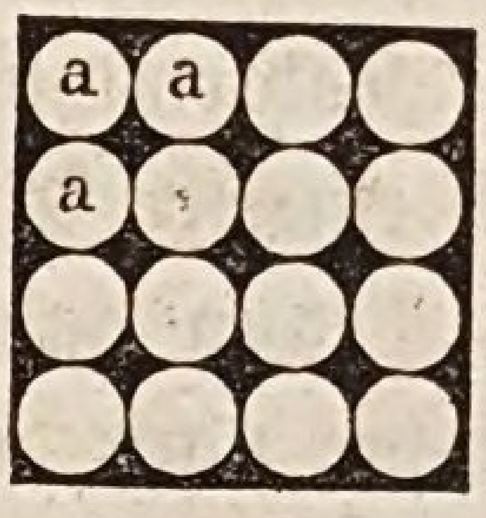


Fig. 13.

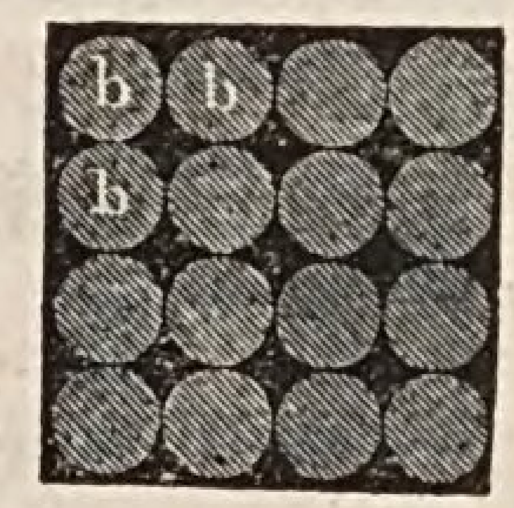
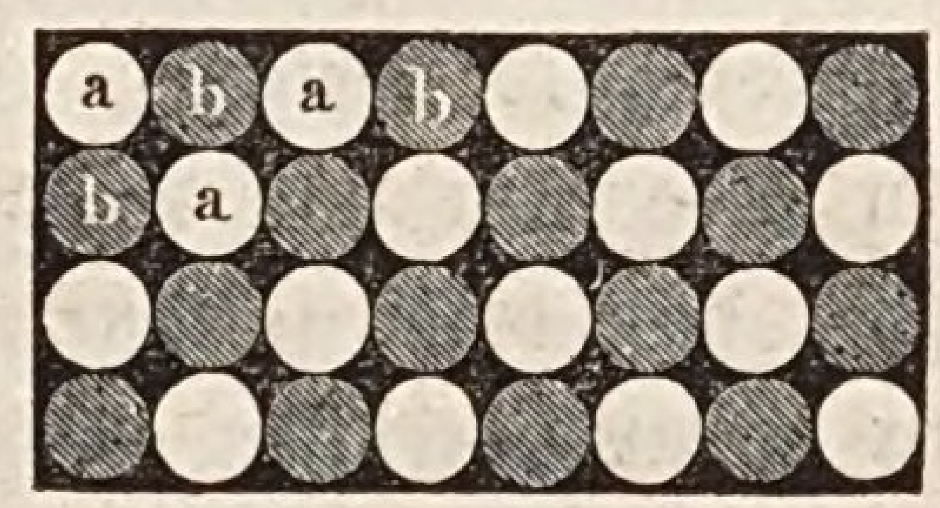


Fig. 14.



Diese Annahme einer derartigen Nebeneinanderordnung von Atomen hat viele Gegner gefunden, die nicht einsehen wollten, wie hierdurch eine so gänzliche Veränderung der Eigenschaften möglich sei, welche bei allen chemischen Verbindungen stattfindet. Es wird von dieser Seite behauptet, daß die verschiedenen Stoffe sich gegenseitig durchdringen, wenn sie sich chemisch verbinden. Es ist aber schwer, sich vorzustellen, wie dieselben gegenseitig ineinanderschlüpfen und wie sie wieder auseinanderkriechen sollen, sobald die chemische Verbindung getrennt wird. Andererseits werden wir noch Gelegenheit haben, Thatsachen anzuführen, die sich durchaus nicht erklären lassen, sobald angenommen wird, daß bei chemischen Verbindungen die verschiedenen Materien sich gegenseitig vollständig durchdringen.

Ein schwarz und weiß gewürfeltes Zeug erscheint uns in einiger Entfernung weder schwarz noch weiß, sondern

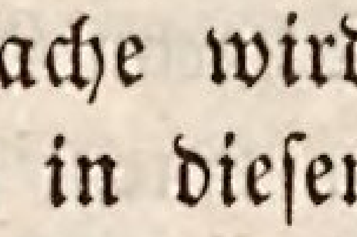
grau. Wir erkennen nicht mehr die nebeneinanderliegenden ungleichen Felder — die ganze Fläche erscheint gleichartig. Aehnlich ist es, wenn zweierlei Atome zu Einer chemischen Verbindung sich einigen. Diese Atome sind so klein, daß unser Auge, selbst das bestbewaffnete, stets in allzu großer Entfernung bleibt, um die Atome nebeneinander zu sehen. Mehrfache Erscheinungeu bei den einfachen Stoffen führten uns schon darauf hin, die Masse dieser Körper nicht als etwas Ununterbrochenes, vollkommen Continuirliches anzusehen, sondern sie aus der Aneinanderreihung kleinster Theilchen oder Atome gebildet zu betrachten. Die Art und Weise, wie die Atome gegenseitig angeordnet sind, kann höchst mannichfaltig sein und hiernach können einerlei Atome für das Auge doch ein höchst verschiedenes Ansehen gewinnen. Wir erinnern als Beispiel an die Geschichte des Kohlenstoffs. Der Diamant und die Holzkohle bestehen aus einerlei Atomen; daß beide so auffallend verschieden sind, kann daher nur darauf beruhen, daß im Diamant die Atome nach den Gesetzen der Krystallbildung geordnet, und daß sie in der Kohle regellos zusammengehäuft sind.

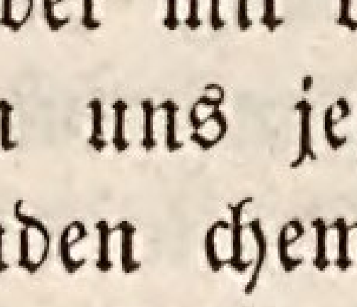
20. Atomgewichte.

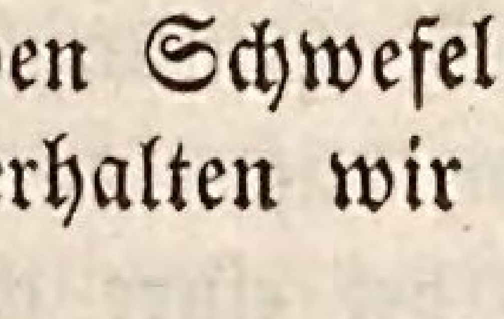
Das Gewicht der Atome verschiedener Körper ist sehr ungleich, und von allen hat das Atom des Wasserstoffs das geringste Gewicht. Ein Kohlenstoffatom wiegt sechs mal, ein Sauerstoffatom acht mal und ein Schwefelatom sechzehn mal soviel als ein Wasserstoffatom. In der früher gegebenen Aufzählung aller einfachen Stoffe wurde einem jeden derselben eine Zahl hinzugefügt, die sein Atomgewicht bezeichnet. Der Wasserstoff hat die Zahl **1**, das Quecksilber hat **100**, das Chlor hat **36** u. s. w. Wenn sich ein Atom Wasserstoff mit einem Atom Sauerstoff zu Wasser verbindet, so wird daher in der dadurch entstehenden Wassermenge dem Gewichte nach acht mal soviel Sauerstoff enthalten sein als Wasserstoff. Die Atomgewichte drücken demnach die Ge-

wichtsverhältnisse aus, in welchen die einfachen Stoffe sich miteinander verbinden.

Der Leser wird sich hier sogleich erinnern, daß diese Atomgewichte dieselben Zahlen sind, die wir Seite 39 als *Aequivalente* bezeichnet haben. In der That ist die Lehre oder Theorie von den chemischen Atomen keine Erfindung der Speculation, sondern der Versuch, wirkliche und genau beobachtete Thatsachen befriedigend zu erklären. Daß die einfachen Stoffe sich in bestimmten Gewichtsverhältnissen verbinden, erscheint uns nun bei der Annahme der Atome vollkommen verständlich. Insbesondere ist es das Gesetz der *multiplen Verbindungen* (Seite 40), das wesentlich zur Begründung der Atomenlehre beiträgt. Daß nämlich ein und dieselbe Schwefelmenge, z. B. sechzehn Gewichtstheile, sich nur mit acht, oder mit sechzehn, oder mit vierundzwanzig Gewichtstheilen Sauerstoff verbindet, daß hier jedesmal ein Sprung von acht zu acht stattfindet, und nicht etwa auch der Fall vorkommt, daß sechzehn Gewichtstheile Schwefel sich mit dreizehn oder mit neunzehn Gewichtstheilen Sauerstoff verbinden — diese wichtige Thatsache wird uns ganz anschaulich, sobald wir annehmen, daß in diesem Falle ein Atom Schwefel mit einem, mit zwei oder mit drei Atomen Sauerstoff sich verbindet. Wir können uns jetzt gewissermaßen ein Bild der hierdurch entstehenden chemischen Verbindungen machen, und indem wir den Schwefel durch S, den Sauerstoff durch O bezeichnen, erhalten wir die nachstehende Verbindungsreihe:

1. Unterschwefelige Säure = 

2. Schwefelige Säure . . = 

3. Schwefelsäure . . . . . = 

Wir können freilich nicht mit den unsichtbar kleinen einzelnen Atomen operiren, sondern nur mit großen Mengen derselben. Allein man sieht leicht ein, daß wenn man tausend Wasserstoffatome und tausend Sauerstoffatome miteinander verbindet, so wird auch in diesem Falle das Gewicht des in dem erzeugten Wasser enthaltenen Sauerstoffs acht mal soviel betragen als das des Wasserstoffs. Die chemischen Elemente, die wir miteinander verbinden wollen, müssen daher stets in solchen Gewichtsverhältnissen zusammengebracht werden, daß diese den Zahlen ihrer Atomgewichte entsprechen. Wenn Zinnober dargestellt werden soll, so muß man sechzehn Gewichtstheile Schwefel und hundert Gewichtstheile Quecksilber verwenden. Würde man von einem dieser Stoffe mehr als das bemerkte Gewicht nehmen, so würde dieser Ueberschuß in unverbundenem Zustande bleiben.

Auch über die Menge des bei einer chemischen Operation zu erwartenden Products geben die Atomgewichte der Elemente den bestimmtesten Anhaltepunkt. Aus den vorstehend bezeichneten Mengen von Schwefel und Quecksilber müssen hundertundsechzehn Gewichtstheile Zinnober erhalten werden. Jemand, der einem Chemiker gegenüber behauptet, er wolle bei Anwendung von hundert Gewichtstheilen Quecksilber mehr als hundertundsechzehn Gewichtstheile Zinnober darstellen, würde in dessen Augen ebenso erscheinen, wie uns Allen ein Rechenkünstler, der vorgibt, er könne drei und vier so addiren, daß eine größere Zahl herauskomme als sieben.

Wird bei einer chemischen Operation weniger an Product erhalten als der Summe der Atomgewichte der in Verbindung getretenen Körper entspricht, so ist dies für den Chemiker ein Fingerzeig, daß während der Arbeit irgend ein Fehler vorgefallen, daß ein Theil seines Materials in Verlust gerathen ist, ohne sich chemisch zu verbinden. Es wird alsdann die Methode so lange verbessert, bis sie möglichst genau der theoretischen Angabe entspricht.

Es würde nun schon eine große Anzahl und Mannich-

faltigkeit von chemischen Verbindungen ausmachen, wenn wir annehmen, daß von jedem der 62 einfachen Stoffe je ein Atom sich mit je einem Atom aller übrigen verbinden würde. So würde es 61 verschiedene Sauerstoffverbindungen, ebenso viel Schwefelverbindungen u. s. w. geben, im Ganzen also etwa 4000 verschiedene chemische Verbindungen. So groß diese Zahl erscheint, so ist die Anzahl der möglichen chemischen Verbindungen doch noch viel größer, indem nicht nur zwei verschiedene Atome sich vereinigen (wie in den Beispielen des Wassers und Zinnobers), sondern auch drei, vier, fünf, ja selbst sechs Atome verschiedener Stoffe zu einer chemischen Verbindung zusammentreten können. So z. B. finden wir noch in dem kleinsten Stäubchen von Alaun viererlei verschiedene Atome, nämlich Schwefel, Sauerstoff, Kalium und Aluminium. Doch sind die chemischen Verbindungen selten, in welchen mehr als fünf einfache Stoffe angetroffen werden. Allein selbst hiermit ist die Grenze der möglichen chemischen Verbindungen noch nicht abgeschlossen. Ihre Zahl erstreckt sich fast ins Unberechenbare, da nicht nur ein einziges Atom des einfachen Stoffs, sondern zwei, drei, vier und mehr derselben sich miteinander verbinden können. Wie z. B. Seite 99 gezeigt wurde, ist die Schwefelsäure eine chemische Verbindung von einem Atom Schwefel mit drei Atomen Sauerstoff. Endlich ist noch zu bemerken, daß eine chemische Verbindung sich mit einer zweiten chemischen Verbindung vereinigen und auf diese Weise noch eine große Reihe zusammengesetzter Körper gebildet werden kann, sodaß das Feld des Chemikers eine kaum übersehbare Ausdehnung erhalten hat.

21. Chemische Zeichen.

Die Chemiker haben nun zur kürzern und genauern Bezeichnung der chemischen Verbindungen die chemischen Zeichen und Formeln eingeführt, deren Entzifferung viel leichter

ist, als der Uneingeweihte etwa denkt, der ein chemisches Werk voll solcher Formeln aufschlägt.

Das Atom eines jeden einfachen Stoffs wird durch einen Buchstaben vorgestellt, welcher der Anfangsbuchstabe seines deutschen oder lateinischen Namens ist. Da mehre Elemente mit gleichen Buchstaben beginnen, so wird in diesem Falle noch ein folgender aus dem Namen zur Unterscheidung hinzugefügt. So ist O das chemische Zeichen für Sauerstoff von Oxygenium; H für Wasserstoff von Hydrogenium; S für Schwefel; Cl für Chlor; Hg für Quecksilber von Hydrargyron; Fe für Eisen von Ferrum; Ka für Kalium; Na für Natrium u. s. w.

Will man nun eine chemische Verbindung aus irgendwelchen Stoffen bezeichnen, so setzt man nur die Zeichen derjenigen Atome nebeneinander, aus welchen dieselbe besteht. So bedeutet HO die Verbindung von einem Atom Wasserstoff mit einem Atom Sauerstoff, die Wasser genannt wird; HgS ist die Formel des Zinnobers, die aus einem Atom Schwefel und einem Atom Quecksilber besteht. Sind in einer Verbindung mehre Atome eines Stoffs enthalten, so wird dies einfach durch eine Hinzufügung von Ziffern ausgedrückt, z. B. SO_3 ist die Formel der Schwefelsäure, die aus einem Atom Schwefel in Verbindung mit drei Atomen Sauerstoff besteht; $Fe_2\ O_3$ ist die Verbindung von zwei Atomen Eisen mit drei Atomen Sauerstoff, welche Eisenoxyd genannt wird. Da die Atome der verschiedenen einfachen Stoffe ein eigenthümliches Gewicht besitzen, so drücken jene Formeln zugleich die Gewichtsverhältnisse aus, in welchen die Bestandtheile in einer Verbindung enthalten sind.

Als Ursache der chemischen Erscheinungen wurde die zwischen den Atomen verschiedener Stoffe stattfindende Verwandtschaft bezeichnet, und wir haben über die Wirkungsweise dieser Kraft noch Einiges hinzuzufügen. Es ist klar, daß ein Körper durchaus keine chemische Verbindung erleidet, solange er außer aller Berührung mit andern Stoffen

sich befindet. Wenn jedoch zwei oder mehre Elemente sich miteinander verbunden haben, so bleiben sie so lange in diesem Zustande, bis eine von außen wirkende Ursache die Verbindung wieder aufhebt oder, wie der Chemiker sich ausdrückt, eine Zersetzung oder Zerlegung derselben hervorruft.

Die chemische Verwandtschaft zeigt jedoch nur dann ihre Wirksamkeit, wenn die verschiedenen Stoffe sich auf das unmittelbarste miteinander berühren, und selbst alsdann sind in der Regel noch besondere begünstigende Umstände nöthig, damit die Verbindung vor sich gehe. Wir haben als erste Grundkraft der Atome die Cohäsion bezeichnet, welche die Atome der Körper zusammenhält. Wenn aber eine chemische Verbindung stattfinden soll, so müssen sich alle Atome der betheiligten Körper in Bewegung setzen, sie müssen ihren seitherigen Zusammenhang aufgeben, um in eine neue Anordnung mit den chemisch verwandten Atomen zu treten. Wollte man hiervon sich ein versinnlichendes Bild machen, so denke man sich alle schwarzen Felder eines Schachbrets nebeneinander gereiht, die jetzt die zusammenhängenden Atome eines einfachen Körpers, z. B. des Schwefels = S vorstellen. Ebenso bilden die weißen Felder, für sich allein in Zusammenhang gedacht, einen andern Stoff, das Quecksilber = Hg. Nachdem sich jedoch beide Elemente miteinander zu Zinnober = HgS verbunden haben, erscheint je ein Quecksilberatom neben einem Schwefelatom, also je ein schwarzes Feld neben einem weißen, wie dies beim Schachbret der Fall ist.

In den wenigsten Fällen haben jedoch die Atome der einfachen Stoffe eine hinreichende Beweglichkeit, damit eine solche Anordnung infolge der chemischen Verwandtschaft sofort von statten gehen kann. Die letztere Kraft ist selten hinreichend stark, um die Zusammenhangskraft zu überwinden. Man sieht daher ein, daß Körper, die einen geringen Zusammenhang haben, wie Gase und Flüssigkeiten, mehr zur chemischen Verbindung geeignet sind als feste Körper.

Es wurde schon bei einer frühern Gelegenheit der förderliche Einfluß der Wärme auf die Einleitung chemischer Verbindungen erklärt, indem sie den Zusammenhang der Körper vermindert.

Oft tritt auch der Fall ein, daß nur die an der Oberfläche liegenden Atome verschiedener Stoffe miteinander sich verbinden. Blankes Zink und Kupfer, der Luft ausgesetzt, überziehen sich sogleich mit einer Oxydschicht, indem ihre äußersten Atome mit dem Sauerstoff der Luft sich verbinden. Allein die innern Atome sind durch diesen Ueberzug von Oxyd vor der Berührung mit Sauerstoff geschützt und können sich daher nicht mit demselben verbinden.

Das Wasser äußert gegen viele Stoffe, die wir lösliche Körper nennen, z. B. Zucker, Salz, eine eigenthümliche Wirkung. Es scheinen die Atome des Wassers sich zwischen die der löslichen Körper zu drängen und deren Zusammenhang aufzuheben, sodaß man jetzt eine flüssige Mischung von Wasseratomen mit Atomen von Zucker oder Salz erhält, die man eine Auflösung nennt. Die letztern erleiden dabei keine Veränderung, denn wenn man durch Erwärmung das Wasser entfernt, so nähern sich die Atome des Salzes einander und bilden wieder die kleinen würfelförmigen Krystalle.

Von dieser lösenden Kraft des Wassers wird nun in der Chemie die ausgebreitetste Anwendung gemacht, um die Atome der Körper beweglicher und daher chemisch leichter aufeinander einwirkend zu machen, und in jedem neuern Werke findet sich der treffende Ausspruch der alten Chemiker wiederholt: corpora non agunt nisi fluida (die Körper wirken nicht aufeinander, wenn sie nicht flüssig sind).

Eine der auffallendsten Erscheinungen bei chemischen Operationen ist nun die, daß die verschiedenen Stoffe einen sehr ungleichen Grad von chemischer Anziehung oder Verwandtschaft gegeneinander äußern. Wenn drei oder vier einfache Stoffe miteinander in geeignete Berührung gebracht werden,

so können sehr verschiedene Fälle eintreten. Entweder verbinden sich alle vier Stoffe zu einer chemischen Verbindung, oder es vereinigen sich je zwei derselben. Allein es ist möglich, daß nur drei sich verbinden und der vierte übrig bleibt, oder nur zwei verbinden sich, ohne daß die zwei übrigen zusammentreten. Für solche Fälle sind wir lediglich auf die Erfahrung angewiesen und nur diese allein kann uns sagen, welche Erscheinungen eintreten werden, wenn diese oder jene Stoffe miteinander in Berührung kommen. So wird man sich aus der gegebenen Charakteristik der einfachen Stoffe erinnern, daß der Sauerstoff, das Chlor, die Schwefelsäure, das Kalium als Körper mit äußerst energischer Verwandtschaftskraft bezeichnet wurden. Warum dies der Fall ist, warum z. B. das Chlor alle Metalle ohne Ausnahme angreift und der Stickstoff kein einziges derselben, darüber sind wir ganz außer Stande eine Erklärung zu geben.

Die Hauptaufgabe des praktischen Chemikers ist es aber, sich in den Besitz aller Erfahrungen über die Verwandtschaftsäußerungen zu setzen; alsdann wird er allerdings mit großer Sicherheit voraussagen können, welche Erscheinungen aus der gegenseitigen Einwirkung verschiedener Stoffe erfolgen werden. So ist es z. B. ein nicht schwer festzuhaltender Erfahrungssatz, daß, wenn die Verbindung eines Metalls mit Sauerstoff in höherer Temperatur mit Kohlenstoff in Berührung gebracht wird, sich die beiden letztgenannten Stoffe vereinigen und das Metall abgeschieden wird. Man wird sich erinnern, daß auf dieser Ungleichheit in der chemischen Verwandtschaft die Darstellung des Kaliums und des Eisens beruht, sowie überhaupt die Mehrzahl der chemischen Zersetzungen.

Man hat den bildlichen Ausdruck der Wahlverwandtschaft eingeführt, um die eigenthümliche Erscheinung hervorzuheben, daß gewisse Stoffe vorzugsweise eine starke gegenseitige Anziehung zeigen, als ob sie fähig seien, einer

bestimmten Neigung folgend, eine Auswahl zu treffen. Allein bei der unorganischen Materie kann von einer Wahl keine Rede sein; mit unabänderlicher Nothwendigkeit folgt sie der ihr einwohnenden Kraft. Wenn Goethe den Conflict dieser Kräfte in seinen „Wahlverwandtschaften" mit einer dunkeln und räthselhaften Macht in Berührung bringt, die in den menschlichen Geschicken als waltend und bestimmend auftritt, so geschieht dies doch nur in bildlichem Sinne. Das aus dem Conflicte verschiedener aufeinander einwirkender Materien Hervorgehende kann zwar überraschen und in Erstaunen setzen, allein immer werden wir es doch nur natürlich finden, während das Ringen geistiger Naturen mit dem Schicksale in seiner tragischen Entwickelung uns rührt und erschüttert.

22. Eintheilung der chemischen Verbindungen.

Um nun einen Ueberblick über die zahlreichen chemischen Verbindungen zu erhalten, so lassen sich dieselben nach verschiedenen Gesichtspunkten in mehre Gruppen vertheilen, nämlich nach ihrer Zusammensetzung, nach ihren chemischen Eigenschaften und endlich nach ihrem Ursprunge.

Hinsichtlich ihrer Zusammensetzung unterscheidet man vorerst die Verbindungen, je nachdem sie aus zwei, drei, vier, fünf oder mehr verschiedenen Atomen bestehen, und nennt sie hiernach entsprechend: binäre, ternäre, quaternäre, quinternäre Verbindungen u. s. w. So z. B. gehören das Wasser, der Zinnober, das Eisenoxyd zu den binären Verbindungen. Der bereits erwähnte Alaun ist eine quaternäre Verbindung, da er viererlei verschiedene Atome enthält.

Wenn eine chemische Verbindung sich mit einer andern vereinigt, so wird das Product eine Verbindung zweiter Ordnung genannt; aus der Vereinigung zweier Verbindungen zweiter Ordnung gehen die der dritten Ordnung hervor. Eine höhere Ordnung als diese letzte, die schon

ziemlich verwickelt erscheint, kennt man nicht. Schwefelsäure und Eisenoxydul sind Verbindungen erster Ordnung; miteinander verbunden stellen sie ein grünes Salz dar, das schwefelsaure Eisenoxydul, das eine Verbindung zweiter Ordnung ist. Der Alaun, der aus zwei Salzen besteht, ist eine Verbindung dritter Ordnung.

23. Säuren; Basen; Salze.

Hinsichtlich ihrer Eigenschaften bieten die chemischen Verbindungen unzählige Unterschiede dar, sodaß unter den Tausenden derselben nicht zwei aufzufinden sind, die in Farbe, Form, Dichte, Löslichkeit u. s. w. ganz übereinstimmen. Dagegen gibt es doch drei große Gruppen, in welche sich alle chemischen Verbindungen nach gewissen übereinstimmenden Merkmalen bringen lassen. Diese letztern sind der Geschmack, sowie das Verhalten gegen blaue, grüne und rothe Pflanzenfarben, und man unterscheidet sie hiernach in Säuren, Basen und in neutrale und indifferente Körper.

Als Säuren betrachtet man diejenigen chemischen Verbindungen, welche einen sauern Geschmack haben, und durch welche die blaue Farbe der Pflanzenstoffe in Roth verändert wird.

Basis oder Base wird dagegen eine solche Verbindung genannt, welche einen Laugengeschmack besitzt, und die in Berührung mit einer blauen Pflanzenfarbe diese in Grün verwandelt.

Säuren und Basen haben gegenseitig eine große Verwandtschaft zueinander. Sie vereinigen sich leicht zu Verbindungen, die Salze genannt werden, und welche weder saure noch basische Eigenschaften besitzen, weshalb man sie zu der dritten Classe, zu den neutralen Körpern rechnet.

Nicht alle Säuren und Basen haben jene charakteristischen Eigenschaften in gleich stark ausgeprägtem Grade. Bei einigen Säuren geht der saure Geschmack bis in das

Aetzende, sodaß sie innerlich und äußerlich als zerstörende Gifte wirken, wie dies bei der Schwefelsäure, Salpetersäure und Salzsäure der Fall ist. Andere Säuren haben dagegen einen angenehmen sauern Geschmack, ohne ätzend zu sein, wie die Citronensäure und Essigsäure, sodaß wir sie häufig an unsern Speisen verwenden. Bei manchen Säuren ist der Geschmack kaum merklich, wie bei der Kohlensäure, und die Kieselsäure ist ganz geschmacklos.

Die Basen bieten ganz ähnliche Erscheinungen dar. Während das Kali und Natron ätzend sind und selbst in sehr mit Wasser verdünnten Lösungen noch stark schmeckende Laugen darstellen, sind die Bittererde und Thonerde, das Eisenoxyd und viele andere ganz geschmacklos.

Man spricht daher von starken und von schwachen Säuren und Basen, je nachdem die genannten Eigenschaften mehr oder weniger auffallend hervortreten. Auch ist man gewöhnt, sich Säuren und Basen als Gegensätze, als Antagonisten zu denken, da ein durch Säure geröthetes Blau von einer Basis wieder hergestellt wird, und überhaupt die beiden Classen von Körpern, wenn sie sich verbinden, ihre Eigenschaften gegenseitig abstumpfen.

Man kann sich des blauen Safts der Veilchen, der Schwertlilien oder auch des Blaukohls bedienen, um Versuche über die saure, basische oder neutrale Beschaffenheit der Verbindungen darzustellen. Zur Vermeidung von Misverständnissen muß jedoch hervorgehoben werden, daß der Indigo als Pflanzenfarbe eine Ausnahme macht, indem sein kräftiges Blau weder durch Säuren noch Basen eine Veränderung erfährt.

Die Classe der neutralen Körper äußert, wie bereits erwähnt wurde, keinen verändernden Einfluß auf die Pflanzenfarben; allein eine weitere Eigenthümlichkeit dieser Verbindungen ist, daß sie nur eine geringe Geneigtheit zeigen, weitere chemische Verbindungen einzugehen, daß sie in dieser Hinsicht den Säuren und Basen jedenfalls nachstehen,

daher sie auch die Bezeichnung der indifferenten Stoffe erhalten haben. Beispiele der Art sind außer sämmtlichen Salzen das Wasser, der Zinnober, der Zucker, der Weingeist und viele andere.

24. Unorganische und organische Verbindungen.

In der Regel findet man jedoch in den chemischen Werken die zusammengesetzten Körper in zwei Hauptgruppen geschieden, die nach ihrer Abstammung gebildet sind, nämlich in unorganische und in organische Körper. Diese Eintheilung ruft uns aber lebhaft ins Gedächtniß, was gleich anfänglich über Abtheilungen im wissenschaftlichen Gebiete gesagt wurde, nämlich, daß hier niemals an Abgrenzungen von solcher Schärfe zu denken ist, wie sie der Mathematiker vollzieht, wenn er den Kreis in 360 Grade theilt oder die Erde in die nördliche und südliche Hemisphäre unterscheidet.

Unorganische Verbindungen finden sich entweder bereits gebildet als Minerale, oder sie werden aus solchen dargestellt, während die organischen Verbindungen in Pflanzen- oder Thierkörpern angetroffen oder doch von diesen abgeleitet werden. Obgleich diese Bestimmung etwas Schwankendes hat, da nicht wenige chemische Verbindungen in beide Reihen passen, wie z. B. die Kohlensäure, das Ammoniak u. s. w., so bietet die Trennung des chemischen Materials in diese zwei Hauptgebiete für die Uebersicht desselben doch großen Vortheil und wird wol auch immer beibehalten werden. Denn es liegen den unorganischen und organischen Stoffen neben diesem äußerlichen Unterschiede ihrer Abstammung doch auch tiefer in ihrer chemischen Constitution beruhende Verschiedenheiten zu Grunde.

Im Allgemeinen sind zur Bildung einer unorganischen Verbindung eine geringere Anzahl von Atomen erfoderlich, als das bei einer organischen Verbindung in der Regel der Fall ist.

Wir wollen die Zusammenstellung der Atome, welche eine chemische Verbindung bilden, die Atomgruppe dieser Verbindung nennen, und einige unorganische und organische Körper miteinander vergleichen. Die Atomgruppe des Wassers besteht aus zwei Atomen, nämlich aus einem Sauerstoff- und aus einem Wasserstoffatom; ebenso sind der Zinnober, das Kali, das Kochsalz aus je zwei einzelnen Atomen gruppirte Verbindungen. Dagegen haben wir uns das kleinste Zuckertheilchen vorzustellen als aus einer Gruppirung von 16 Atomen bestehend, nämlich aus sechs Kohlenstoff-, fünf Wasserstoff- und aus fünf Sauerstoffatomen, wie dies in Fig. 15 versinnlicht ist. In der Citronensäure sind 28, in dem Weingeiste acht Atome zu einer Gruppe zusammengetreten.

Fig. 15.



Ueber die Zusammensetzung der unorganischen Verbindungen war man wegen ihrer einfachern Constitution früher und vollständiger aufgeklärt als über die der organischen. Das Gebiet der unorganischen Chemie läßt sich nach den umfassenden und classischen Arbeiten von Berzelius als in seinen Hauptrichtungen erschöpft ansehen. Es erklärt sich hieraus, daß die Hauptkraft der chemischen Forschung seitdem auf das Bereich des Organischen sich geworfen hat.

Wenn die Verbindungen nur aus wenigen Atomen bestehen, so scheint es, als ob diese alsdann mit ganzer und ungetheilter Stärke einander gegenseitig anziehen und dadurch eine Verbindung von größerer Beständigkeit zu bilden vermögen, als dies der Fall ist, wenn viele Atome zu einer Gruppe chemisch vereinigt sind. Im Allgemeinen bestätigt auch die Erfahrung, daß die unorganischen Verbindungen weniger leicht zersetzbar sind als die organischen. Wenn man sich in der That vorstellt, daß das kleinste Theilchen von Zucker aus sechs Atomen Kohlenstoff, fünf Atomen

Wasserstoff zusammengefügt ist, so liegt der Gedanke nahe, daß es erstlich nicht ohne Schwierigkeit sein muß, eine so complicirte Gruppirung zu bewerkstelligen; daß es aber leicht sein dürfte, aus diesem künstlichen Atomgebäude ein oder das andere Atom abzulösen, sodaß die übrigen auf eine neue Weise sich anordnen oder in mehre kleinere Gruppen getrennt auseinanderfallen müssen.

In der That ist man nur selten im Stande, eine organische Verbindung unmittelbar aus ihren Elementen zusammenzusetzen. Es ist zwar ein Leichtes, die oben genannten Bestandtheile des Zuckers in solchem Gewichtsverhältnisse zusammenzubringen, wie sie in dem Zucker enthalten sind; allein keineswegs ist es gelungen, die angeführte Zahl von Atomen in eine solche Gruppe treten zu lassen, daß sie Zucker bilden. Bisjetzt erscheint uns durchgehends die Vereinigung so vieler Atome zu einer chemischen Verbindung an die Mitwirkung der organischen Thätigkeit geknüpft zu sein.

Dagegen fällt es dem Chemiker nicht schwer, eine gegebene organische Verbindung als Material zur Darstellung einer ganzen Reihe von andern organischen Verbindungen zu benutzen, entweder indem er veranlaßt, daß ihre Atome sich auf andere Weise gruppiren, oder indem gewisse Atome derselben entzogen oder andern hinzugefügt werden.

Solche Metastasen und Metamorphosen organischer Verbindungen lassen sich an einem ziemlich populären Beispiele verfolgen. Das gegebene Material sei das Stärkemehl, so läßt sich dieses leicht in Zucker, der Zucker in Weingeist und dieser in Essigsäure überführen, lauter organische Verbindungen, die sich durch directes Zusammenbringen ihrer Elemente nicht darstellen lassen. Die Obstreife, die Gährung, die Fäulniß und die Verwesung sind solche organische Umsetzungsprocesse, bei welchen die Atomgruppen von organischen Verbindungen in einfachere Gruppen zerfallen.

25. Isomerie.

Schon oben wurde eine Uebersicht der Vertheilung der Elemente gegeben, wobei es sich zeigte, daß die organischen Körper, also Pflanzen und Thiere, sowie die Producte derselben, aus vier Elementen bestehen, nämlich aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff. Rechnen wir hierzu noch für einige Fälle den Schwefel, so sind dies auch die Bestandtheile der unzähligen organischen Verbindungen, die sich aus den Erzeugnissen des Pflanzen- und Thierreichs ableiten lassen.

Darunter sind auffallenderweise nicht wenige, die genau eine gleiche Anzahl von Atomen derselben Elemente enthalten und dennoch sehr verschiedene Eigenschaften besitzen. Das Terpentinöl z. B. besteht aus fünf Atomen Kohlenstoff, verbunden mit vier Atomen Wasserstoff. Das Citronenöl und das Oel der Wachholderbeeren haben genau dieselbe Zusammensetzung; und wie verschieden ist der Geruch dieser drei Oele! Würden wir uns den lieblichen Geschmack, welchen das Citronenöl dem Punsche und der Limonade verleiht, wol durch einen Terpentingeschmack ersetzen lassen? Gewiß ebenso wenig als der Holländer sich einen Genèver würde gefallen lassen, der Terpentinöl anstatt des Wachholderbeeröls enthielte.

Chemische Verbindungen, die genau dieselben Bestandtheile in gleichen Gewichtsverhältnissen enthalten, dabei aber verschiedene Eigenschaften haben, nennt man isomer, und die Existenz derselben ist eine wesentliche Stütze für die Ansicht, daß die Materie aus Atomen besteht, die sich bei ihrer chemischen Vereinigung nebeneinander ordnen und sich gegenseitig nicht durchdringen.

Wenn gleiche Gewichtsmengen von Zucker, Stärke und von Holzfaser der Analyse unterworfen werden, so zeigt uns diese, daß jene drei Körper genau dieselbe chemische Zusammensetzung haben, daß sie also aus denselben einfachen

Stoffen in denselben Gewichtsverhältnissen bestehen. Und dennoch sind ihre Eigenschaften so sehr verschieden. Wie läßt sich dieses erklären. Einzig und allein durch die Atomenlehre. Jeder dieser Körper besteht aus sechs Atomen Kohlenstoff, fünf Atomen Wasserstoff und fünf Atomen Sauerstoff, sodaß seine Zusammensetzung durch die Formel $C_6 H_5 O_5$ ausgedrückt wird. Allein diese Atome lassen sich auf sehr verschiedene Weise gruppirt denken, wie z. B.

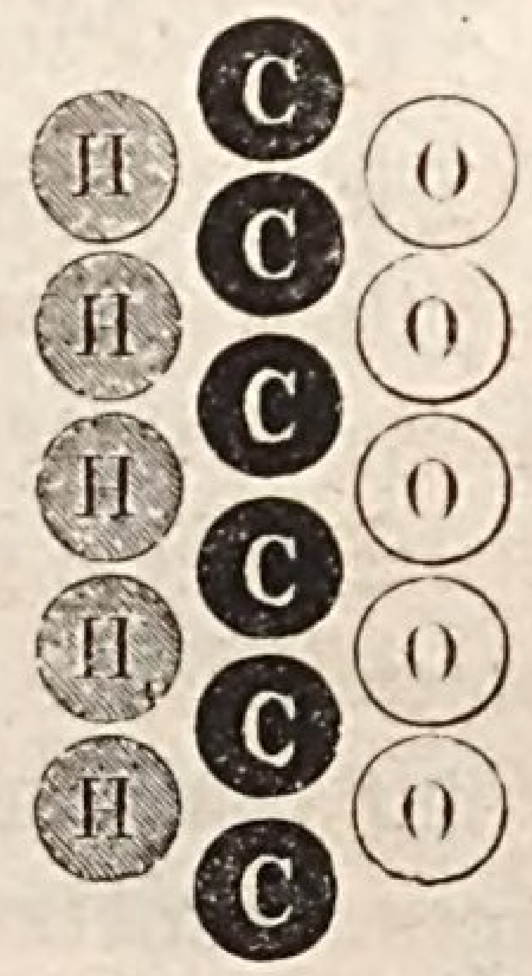
im Zucker:
Fig. 16.



in der Stärke:
Fig. 17.



in dem Holze:
Fig. 18.



und hierdurch erscheint es ganz erklärlich, warum diese Körper so verschiedene Eigenschaften darbieten. Wird dagegen angenommen, daß die Stoffe, welche zu chemischen Verbindungen zusammentreten, sich dabei vollkommen gegenseitig durchdringen, so kann man nicht begreifen, wie alsdann Körper von absolut gleicher Zusammensetzung doch gänzlich verschiedene Eigenschaften darzubieten vermögen.

Es kann demnach die Lehre von den Atomen als die Lehre von der innern Mechanik der Materie bezeichnet werden, sowie die Astronomie die Mechanik der zu Weltkörpern geballten Materie ist. Die Ansicht von der Existenz der Atome ins Bereich der Hirngespinnste zu verweisen, weil wir nicht im Stande sind, dieselben zu sehen, wäre eine voreilige Verurtheilung. Sowie wir zu weit von vielen Nebelflecken entfernt sind, um dieselben durch die mächtigsten

Fernrohre in einzelne Sterne aufzulösen, so sind wir von den Atomen zu weit entfernt, um selbst durch die besten Mikroskope die Gruppen chemischer Verbindungen in ihre einzelnen Atome aufzulösen. Sie sind daher nur dem geistigen Auge sichtbar, das, gestützt auf Thatsachen, die nur durch die Hypothese der atomistischen Constitution der Materie sich erklären lassen, ein deutliches Bild von der wunderbaren Fügung der Atome in den verschiedenen chemischen Verbindungen sich entwirft.

26. Charakter der organischen Verbindungen.

Die organischen Stoffe zeigen in ihrem allgemeinen Verhalten manches Uebereinstimmende, welches die natürliche Folge ihrer Zusammensetzung aus dergleichen Elementen ist. So sind sie vollständig verbrennlich, weil sowol der Kohlenstoff als auch der Wasserstoff, Stickstoff und Schwefel mit dem Sauerstoffe gasförmige Producte zu bilden vermögen. Indem hierbei der Kohlenstoff etwas schwieriger verbrennt als die übrigen Stoffe, schwärzt sich ein organischer Körper in der Regel, wenn er erhitzt wird und bevor er vollständig verbrannt ist, ein Vorgang, der Verkohlung genannt wird.

Alle organischen Körper enthalten Kohlenstoff, daher man diesen als das charakteristische Element derselben bezeichnet hat. Manche bestehen aus einer Verbindung von Kohlenstoff und Wasserstoff, wie das bereits erwähnte Terpentinöl; die Mehrzahl organischer Verbindungen ist dagegen aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zusammengesetzt, wovon oben der Zucker als Beispiel angeführt worden ist. Bei einer weitern Anzahl tritt zu den drei genannten Elementen noch der Stickstoff als vierter hinzu, und einige wenige enthalten außerdem auch Schwefel. Wenn organische Körper die beiden letztgenannten Stoffe enthalten, so gibt sich dies durch übelriechende Producte zu erkennen,

sobald dieselben verbrannt werden oder in Fäulniß übergehen.

Unter den organischen Verbindungen findet man eine ziemliche Anzahl, die keine Krystallform annehmen, wie z. B. das Stärkemehl, der Faserstoff, das Gummi, das Eiweiß u. s. w., sodaß es scheint, als ob hier die chemische Anziehung nicht Meister geworden sei über die organische, der Krystallbildung entgegenwirkende Kraft.

Mit Recht aber muß man erstaunen, wie durch das Zusammentreten von nur drei bis fünf einfachen Stoffen eine so große Mannichfaltigkeit von Körpern gebildet werden kann von den entgegengesetztesten Eigenschaften: denn wir finden unter denselben gänzlich indifferente Substanzen, starke Säuren, kräftige Basen, angenehm schmeckende Nahrungsmittel, furchtbare Gifte, heilsame Arzneimittel, lieblich duftende Stoffe, sowie abscheulich riechende Verbindungen, berauschende Flüssigkeiten, fette und harzige Substanzen und glänzende Farbstoffe, sodaß innerhalb des Organischen Schiller ein prophetisches Wort gesprochen hat, wenn er sagt:

Vier Elemente,
Innig gesellt,
Bilden das Leben —
Bauen die Welt!

Wir stellen die organischen Verbindungen eben nach solchen hervorstechenden Eigenschaften gewissermaßen in natürliche Familien zusammen, da eine streng wissenschaftliche Anordnung nach ihrer Zusammensetzung sich hier am allerwenigsten durchführen läßt.

27. Uebersicht der organischen Verbindungen.

Die erste Familie wird von den organischen Säuren gebildet, worunter die Essigsäure, Weinsäure, Citronensäure, Aepfelsäure, Kleesäure, Ameisensäure und Milchsäure hervorzuheben sind. Sie haben einen rein sauern, nicht ätzen-

den Geschmack und werden zum Theil in der Medicin und technisch in der Färberei vorzüglich als Beizmitel angewendet. Die Gerbsäure, durch ihren zusammenziehenden Geschmack ausgezeichnet, vereinigt sich mit thierischer Haut zu Leder und mit Eisensalzen zu violett und schwarz gefärbten Verbindungen, und ist dadurch von großer Bedeutung. Nur wenige organische Säuren enthalten Stickstoff.

Die Familie der stärkemehlartigen Stoffe wird gebildet von der Weizenstärke, Kartoffelstärke, Sago, Arrowroot, sämmtlich geschmacklose, weiße und in Wasser unlösliche Stoffe, die sich mit Jod blau färben und durch Behandlung mit Gerstenmalz oder verdünnten Säuren in lösliches Stärkegummi und endlich in unkrystallisirbaren Zucker überführen lassen. Das Gummi reiht sich dieser Familie an.

Zur Familie des Zuckers werden der Rohrzucker, Traubenzucker, Milchzucker und Stärkezucker gezählt, die sich alle durch Löslichkeit, süßen Geschmack und ganz vorzüglich dadurch auszeichnen, daß sie mit Hefe zusammengebracht in eine eigenthümliche Zersetzung, die sogenannte Gährung übergehen, als deren Producte Weingeist und Kohlensäure erhalten werden.

Die Glieder dieser beiden Familien sind von großer Bedeutung für die thierische Ernährung, insbesondere für den Fettbildungs- und Athmungsproceß.

Die Familie der Alkohole enthält den Weingeist, den Holzgeist, den Amylalkohol und andere Flüssigkeiten, welche in der Natur nicht gebildet vorkommen, sondern durch Zersetzung aus Gliedern der vorhergehenden Familien erhalten werden, zu deren Zusammensetzung sie in naher Beziehung stehen. Die Alkohole sind flüchtig, leicht brennbar, von starkem, geistigem Geruche und brennendem Geschmacke. Sie lösen viele Körper auf, wie namentlich die Harze, die in Wasser unlöslich sind, während die meisten der in letzterm auflöslichen Salze in Alkohol wenig oder gar nicht gelöst

werden. Durch chemische Einwirkung verschiedener Art gehen aus den Alkoholen noch ganze Reihen von Producten hervor, die fast durchgehends mehr wissenschaftliches als praktisches Interesse in Anspruch nehmen. Der Weingeist, im reinsten Zustande Alkohol genannt, ist das bekannteste Glied dieser Familie und verleiht verschiedenen Getränken diejenige Eigenschaft, welche wir als die geistige oder berauschende bezeichnen.

In naher Beziehung zu den Alkoholen erscheint die Familie der Aether, Flüssigkeiten, die im Allgemeinen noch flüchtiger und von durchdringenderm Geruche sind als jene, und außer den Harzen auch die fetten Stoffe aufzulösen vermögen. Eine Menge feiner Gerüche der Obstarten, das Bouquet des Weins, der Geruch des Rums, des Araks u. s. w. rühren von eigenthümlichen Aetherarten her. Am bekanntesten ist der aus Weingeist dargestellte, gewöhnliche Aether, der eine vielfache medicinische Anwendung hat und einen Hauptbestandtheil der Hoffmann'schen Tropfen bildet.

Die Familie der ätherischen oder flüchtigen Oele wird auch als Familie der Kohlenstoffhydrate bezeichnet, weil sie in ihrer Zusammensetzung meist diesen Namen entsprechen. Oele sind diese Körper wol nur genannt worden, weil sie gleich den fetten Oelen in Wasser unlöslich sind und auf demselben schwimmen; ferner weil sie auf Papier einen Fettfleck machen, der jedoch bald wieder verschwindet, weil die ätherischen Oele sehr flüchtig sind. Außerdem besitzt jedes dieser Oele einen eigenthümlichen, durchdringenden Geruch und einen brennenden Geschmack, und sowol der liebliche Duft der Blumen als das Aroma der Gewürze rührt von der Anwesenheit solcher Oele her, von welchen wir nur das Terpentinöl, Wachholderbeeröl, Anisöl, Rosenöl und Citronenöl als Beispiele anführen wollen.

Nahe verwandt mit den flüchtigen Oelen ist die Familie der Harze, da viele derselben entstehen, indem die erstern

aus der Luft Sauerstoff aufnehmen und dadurch verharzen. Die meisten dieser in Wasser unlöslichen Körper werden von Weingeist, Aether und Terpentinöl aufgelöst und als Firnisse verwendet. Sie schmelzen in der Wärme und zersetzen sich in größerer Hitze, wobei einige Harze sehr angenehm riechende Producte geben, weshalb sie zum Räuchern benutzt werden. Während einige Harze einen sehr rein ausgesprochenen chemischen Charakter, und zwar den von Säuren haben, krystallinische Bildung zeigen und mit Basen sich zu seifenartigen Verbindungen vereinigen, sind andere ein Gemenge von verschiedenen Stoffen von wenig bestimmtem Charakter. Die bekanntern Harze sind: das Fichtenharz, Kolophonium, Schellack, der Bernstein, Mastix, und von der letztern Art: das Kautschuk, Gutta-Percha, die Asa Foetida u. s. w.

Als eine Familie von sehr großer Bedeutung treten die Fette auf, die einen sehr übereinstimmenden Charakter zeigen, gleichviel ob sie vegetabilischen oder animalischen Ursprungs sind. Sie sind sämmtlich Verbindungen zweiter Ordnung, indem ein jedes Fett aus einer Fettsäure und einem indifferenten, ölartigen und süß schmeckenden Stoffe besteht, welcher Oelsüß oder Glycerin genannt worden ist und der Familie des Zuckers anzureihen wäre, ebenso wie die Fettsäuren in der Familie der organischen Säuren angeführt werden sollten. Von diesen ist die Talgsäure die interessanteste, da sie blendend weiß, krystallinisch und ohne alle fettigen Eigenschaften ist. Ohne Zweifel ist sie auch jedem unserer Leser bekannt, indem diese Säure unter dem Namen von Stearin zu den schönen Kerzen verwendet wird, die jetzt eine so verdiente allgemeine Anwendung haben. Die Verbindung der Talgsäure mit Natron wird Seife genannt und ist hinlänglich bekannt. In den flüssigen Fetten ist eine flüssige Säure, die Oelsäure enthalten. Als Nahrungsmittel haben die Fette eine ähnliche allgemeine Bedeutung wie die stärkemehlartigen Stoffe.

Die Familie der Farbstoffe sollte nach der Mannichfaltigkeit der im Pflanzenreiche herrschenden Farbenpracht als bedeutend vorausgesetzt werden. Allein sie ist dies keineswegs; denn die meisten jener entzückenden Farben unserer Blumen sind so leicht zersetzbar, daß sie unter den Händen des Chemikers verschwinden, und der Farbenschmelz, den wir am Gefieder der Vögel und an Schmetterlingen und Käfern bewundern, rührt weniger von eigenthümlichen färbenden Stoffen als vielmehr von der Beugung und Brechung des Lichts her. Einige wenige Farbstoffe, wie das Krapproth und das Indigoblau, zeichnen sich durch große Haltbarkeit aus; allein im Uebrigen sind sie indifferente Stoffe. Das schöne Grün der Blätter ist bekanntlich so wenig haltbar, daß es schon im Blatte selbst bald in Gelb und Braun übergeht. In der Färberei und den Künsten herrscht daher durchgehends die Anwendung der dauerhaftern Metallfarben vor.

In allen seither genannten Familien sind Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff mit ganz wenig Ausnahmen die alleinigen Bestandtheile der denselben angehörenden Glieder. In den folgenden tritt der Stickstoff als viertes Element hinzu.

Die Familie der organischen Basen enthält furchtbar wirkende Gifte, wie das Morphin und Strychnin, die jedoch, ebenso wie das unschätzbare, fieberwidrige Chinin, als energische Heilmittel wirken. Diese sind wohl ausgeprägte chemische Verbindungen, welche krystallisirende Salze von äußerst bitterm Geschmacke bilden. Während die seither bekannten organischen Basen aus verschiedenen Pflanzenstoffen, in welchen sie bereits vorhanden sind, dargestellt wurden, ist diese Familie neuerdings durch die Entdeckung mehrer flüchtiger Basen vermehrt worden, die als Zersetzungsproducte aus organischen Substanzen erhalten werden und den Eigenschaften des Ammoniaks sich nähern.

In der letzten der hier anzuführenden Familien gesellt

sich als fünfter Bestandtheil noch der Schwefel hinzu. Es gehören hierzu die sogenannten eiweißartigen Stoffe, welche die Hauptmasse der thierischen Muskel, das Eiweiß und die Käsesubstanz in der Milch ausmachen, und auch in vielen Pflanzentheilen enthalten sind, wie namentlich in Bohnen und andern Hülsenfrüchten, in den Getreidekörnern u. s. w. Diese eiweißartigen Körper, welche auch Faserstoff oder Fibrin, Albumin und Caseïn genannt werden, sind ungefärbte, unkrystallisirbare, indifferente Stoffe, deren genaue chemische Auffassung noch nicht gelungen scheint, denen man jedoch eine große Wichtigkeit beizulegen hat, da sie in dem Haushalte der Natur als die nahrhafteste Speise anzusehen sind.

Es mögen in den genannten Familien wol die bedeutendsten der organischen Verbindungen enthalten sein, obgleich noch eine große Menge derselben mehr oder weniger vereinzelt vorkommt, von welchen einige verdienen nachträglich erwähnt zu werden, wie die Pflanzenfaser, als die Hauptmasse des Holzes und der Gespinnste bildend, sowie die leimgebenden Stoffe der Thierkörper, wohin namentlich die Thierhäute, sodann Horn, Klauen und Haare gehören. Das Kreatin, welches im Fleische enthalten ist, sowie das Kaffeïn und Theeïn, aus Kaffee und Thee darstellbar, sind krystallisirbare, stickstoffhaltige Substanzen, die ebenfalls für die Ernährungsgeschichte von Interesse sind.

28. Zersetzung der organischen Verbindungen.

Nichts ist jedoch mehr geeignet, den Unterschied zwischen unorganischen und organischen Verbindungen lebhaft ins Auge fallen zu lassen, als das Verhalten der letztern in den Processen der sogenannten freiwilligen Zersetzung und der trockenen Destillation.

Eine tägliche Erfahrung zeigt uns, daß die Leichen der Pflanzen und Thiere eine rasche Veränderung erleiden, daß

aus ihren Bestandtheilen eine Reihe von Producten entsteht, während der Körper selbst, aus dem diese sich bilden, allmälig verschwindet. Erinnern wir uns, daß solche organische Gebilde aus den mannichfachen Verbindungen bestehen, von denen soeben eine Uebersicht gegeben worden ist, ferner daß jede dieser Verbindungen eine complicirte Atomgruppe ist, daß ein hinreichender Wassergehalt den Atomen die erfoderliche Beweglichkeit gestattet und der oxydirende Einfluß des Sauerstoffs der Luft mit einwirken kann, so muß eine allgemein gegenseitige Einwirkung stattfinden, gewissermaßen ein bellum omnium contra omnes, sobald die organische Lebensthätigkeit aufgehört hat, diese widerstreitenden Stoffe nach ihren Gesetzen zu erhalten und zu verwenden. Es ist, um uns ein Bild der nach dem Tode eintretenden Reaction zu machen, als ob man alle mit Chemikalien gefüllten Gefäße eines Laboratoriums plötzlich miteinander in Verbindung gesetzt hätte, und wo nun ebenfalls eine stürmische Wechselwirkung der Stoffe aufeinander sogleich eintreten würde.

Ohne Zweifel hatte auch die unorganische Materie ihre Periode großartiger gegenseitiger Einwirkungen, die jedoch mehr als Bildungs-, denn als Zersetzungsproceß zu bezeichnen ist. Es war dies in jener Epoche, in der, wie die Schrift sagt: „das Flüssige von dem Festen sich schied", wo die ursprünglich dunstförmig im Weltraume schwebenden Atome der Elemente, durch Verdichtung einander näher gerückt, nun chemisch aufeinander einwirkten. Eine Folge hiervon sind die verwickelten Zusammensetzungen mancher Minerale, deren Bildung gleichsam nur in einem Topfe vorgehen konnte, in den alles Mögliche zusammengeschüttet worden war.

Die trockene Destillation unterscheidet sich von der freiwilligen Zersetzung, welche gewöhnlich als Fäulniß, Verwesung und Vermoderung bezeichnet wird, hauptsächlich dadurch, daß bei ersterer die Pflanzen- oder Thierstoffe in einem Ge-

fäße erhitzt werden, sodaß also die Mitwirkung von Sauerstoff und Wasser der Atmosphäre ausgeschlossen ist, während die Einwirkung der Wärme die chemische Zersetzung befördert.

Bei der freiwilligen Zersetzung ändern sich die entstehenden Producte, je nachdem sie mehr oder minder unter Zutritt von Wasser, in größerer oder geringerer Wärme vor sich geht. Unter dem Gefrierpunkte z. B. hört sie gänzlich auf. Bei der trockenen Destillation ist es von Einfluß, ob die Wärme eine allmälig zunehmende oder rasch zur Glühhitze gesteigerte ist. Bei beiden Vorgängen ist es natürlich von Einfluß auf die Resultate, ob die der Zersetzung unterworfenen Gegenstände nur aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestanden, oder ob sie auch Schwefel und Stickstoff enthielten.

Im Allgemeinen treten bei diesen Zersetzungen anfänglich wasserstoffreichere Verbindungen auf, welchen später Säuren nachfolgen, und als Rückstand bleibt ein sehr kohlenstoffreicher Körper oder reine Kohle.

Als Endproducte der freiwilligen Zersetzung erscheinen: Wasser, Kohlenwasserstoffgas, Schwefel- und Phosphorwasserstoff und Ammoniak; ferner Kohlensäure, Schwefelsäure, Phosphor- und Salpetersäure.

Bei der Destillation von Holz oder Steinkohlen erhält man: Wasser, Holzgeist, Essigsäure, Ammoniak, flüchtiges Theeröl, Theer, Kohlenwasserstoffgas, Leuchtgas, Naphtalin, Kreosot, Kohlensäure, Kohlenoxyd, und als Rückstand bleibt Kohle.

Stickstoff und schwefelhaltige Thierkörper liefern zum Theil dieselben Producte, dabei aber noch Verbindungen von Ammoniak mit Schwefelwasserstoff, Kohlensäure und Blausäure und furchtbar übelriechenden Theer.

In einem der folgenden Abschnitte wird eine chemische Fabrik beschrieben, welche unter Anderm auch die aus der Zersetzung thierischer Stoffe hervorgehenden Pro-

ducte zum Gegenstand ihrer Industrie hat, und hierbei ist auch Gelegenheit gegeben, auf diese Verhältnisse näher einzugehen.

29. Theorie der organischen Verbindungen.

Bei der theoretischen Anordnung der organischen Verbindungen geht man von der Ansicht aus, daß der Kohlenstoff mit dem Wasserstoffe eine Reihe von Körpern zu bilden vermöge, die sich ganz ähnlich wie einfache Stoffe verhalten, und welche organische Radicale genannt werden. Indem nun zu diesen Radicalen weitere Atome von Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Schwefel in verschiedener Anzahl hinzutreten, entstehe dann die Mannichfaltigkeit der organischen Verbindungen.

So schön sich dies auch für einige Reihen von organischen Atomgruppen durchführen läßt, und so sicher wir auch aus der Verfolgung dieser Idee endlich eine durchaus wissenschaftliche Gestaltung dieses Theils der Chemie werden hervorgehen sehen, war es für unsern Zweck doch angemessener, eine andere Anordnung eintreten zu lassen.

Wir wollen jedoch zum Schlusse dieses Abschnitts die Verbindungsreihe eines einfachen Radicals, nämlich des Elements Kalium = Ka, derjenigen eines zusammengesetzten Radicals gegenüberstellen. Als letzteres wählen wir eine Verbindung von vier Atomen Kohlenstoff mit fünf Atomen Wasserstoff = C_4H_5, welche Aethyl genannt wird und als das Radical des Aethers, Weingeistes und vieler abgeleiteten Verbindungen angesehen wird. Durch das Verbindungszeichen + werden die dabei vorkommenden Verbindungen zweiter Ordnung bezeichnet.

Reihe des Kaliums:

Ka = Kalium
KaO = Kaliumoxyd oder Kali
KaO + HO = Kaliumoxydhydrat oder Aetzkali
KaS = Schwefelkalium
KaCl = Chlorkalium
$KaO + CO_2$ = Kohlensaures Kali
$KaO + NO_3$ = Salpetrigsaures Kali u. s. w.

Reihe des Aethyls:

C_4H_5 = Aethyl
C_4H_5O = Aethyloxyd oder Aether
$C_4H_5O + HO$ = Aethyloxydhydrat oder Weingeist
C_4H_5S = Schwefeläthyl
C_4H_5Cl = Chloräthyl
$C_4H_5O + CO_2$ = Kohlensaures Aethyloxyd
$C_4H_5O + NO_3$ = Salpetrigsaures Aethyloxyd u. s. w.

Es mögen die vorstehenden Formeln zugleich dienen, um nochmals den Unterschied zwischen den einfachen Atomgruppen der unorganischen und den complicirten Atomgruppen der organischen Verbindungen hervorzuheben.



Ein Alchemist.

II. Entwickelungsgeschichte der Chemie.

„Obgleich in dem chemischen Fache, wie in so vielen andern, seit einem halben Jahrhunderte das Unerwartete geschehen, so muß es doch immer unterhaltend und belehrend bleiben, rückwärts zu schauen und historisch zu erkennen, was unsere Vorfahren geleistet, wie weit ihr Wissen vorwärts gedrungen, wo es gestockt. Hierdurch finden wir uns denn aufs neue angeregt, hier und da die angedeuteten Wege zu verfolgen.“ **Goethe.**

Wenn wir in dem vorhergehenden Abschnitt die Chemie vorzugsweise als die Wissenschaft der Gegenwart dargestellt haben, so soll sie damit keineswegs als ein ledigliches Eigenthum der jüngsten Tage, wol aber einer neuern Periode

angesehen werden, die einen Zeitraum umfaßt, wie ihn der auf den Höhepunkt seiner Entwickelung gelangte Mann, rückwärts und vorwärts schauend, zu überblicken vermag. Denn auch die nächste Zukunft dürfen wir dieser Periode zurechnen, da sie durch den jetzigen Standpunkt der chemischen Wissenschaft ebenso bedingt ist, wie dieser selbst durch das seit fünfundzwanzig Jahren Geleistete. Die sogenannten schwebenden Fragen der Chemie, auch wenn sie etwas später ihre Lösung finden, dürfen wir immerhin der Gegenwart anrechnen.

Gleich wie es jedoch auf andern Gebieten des Wissens unmöglich erscheint, den im Augenblick von demselben behaupteten Standpunkt richtig zu würdigen und namentlich die Beziehungen zu andern Zweigen geistiger Errungenschaften festzustellen, ohne daß wir zurückgehen auf die Quelle, welcher das einzelne Wissen aus der Fülle der menschlichen Geistesthätigkeiten entsprungen: so ist dies auch mit der unserer Betrachtung vorliegenden Wissenschaft, mit der Chemie, der Fall.

Gewiß, es wäre unmöglich, als Aufgabe der Staatswissenschaft oder Politik den gegenwärtigen Zustand der völkerrechtlichen Lage Europas, ja nur die politischen Verhältnisse Deutschlands zu verstehen ohne den Faden der rückwärts führenden Geschichte. Sicherlich würde die Phantasie keines Sterblichen im Stande sein, aus einer gegebenen Volks- und Ländermasse ein solches Gewirre von Grenzen, Verfassungen, bürgerlichen Satzungen und fürstlichen Hausgesetzen, Interessen, Sympathien und Antipathien hervorgehen zu lassen, als Alles dies sich aus vorhandenen Bedingungen mit Nothwendigkeit zum theilweise sehr unerquicklichen Zustande der Gegenwart entwickeln mußte. Nur schwierig ergeben sich auf dem Experimentirtische der Geschichte, auf welchem in rastlosen Schwankungen der menschliche Geist oscillirt, brauchbare Gesetze, die seiner Bewegung künftig als Grundlage zu dienen fähig sind, und die wahre Politik wird noch lange als die Wissenschaft der Zukunft bezeichnet werden müssen.

Ebenso wird unser Ausspruch, der die Chemie vorzugsweise der Gegenwart zueignet, nur dann verständlich und überzeugend sein, wenn wir den Nachweis liefern, daß in frühern Perioden der Geschichte von der Chemie als Wissenschaft kaum die Rede sein konnte. Aus diesem Grunde müssen wir allerdings den Ausspruch Goethe's durch eine rückwärts gehende Betrachtung zu rechtfertigen suchen. Wir sind hierzu um so mehr verbunden, als unsere Wissenschaft einen Namen trägt, der so weit ins Alterthum hinaufreicht, daß wir nicht einmal im Stande sind, Ursprung und Bedeutung des Worts Chemie mit Gewißheit abzuleiten, sodaß wir in dieser Beziehung in großer Unsicherheit uns befinden. Wenn nun der Name so alt, und die Wissenschaft, die er bezeichnet, als so neu dargestellt wird, so bedarf dies jedenfalls einer Aufklärung; und ebenso wie es unmöglich ist, die gegenwärtigen Beziehungen verschiedener Staaten ohne historischen Hintergrund richtig zu beurtheilen, können wir hier das Verhältniß der Chemie zu den Wissenschaften keineswegs erfolgreich ausführen, ohne einen Blick in die Geschichte der Chemie zu werfen.

Ursprung der Chemie.

Fragen wir uns zuerst, ob aus der Chemie an sich, wie wir in der ersten Abtheilung unserer Abhandlung bemüht waren, dieselbe als Wissenschaft darzustellen, eine große Wahrscheinlichkeit oder Nothwendigkeit sich folgern lasse, daß sie schon früh in einiger Ausbildung und Vollendung bei den Völkern des Alterthums sich eingestellt haben müsse, so wird nach nicht allzu langem Erwägen die Antwort im verneinenden Sinne ausfallen.

Solche rückwärts schließende Beweisführungen haben freilich eine große Erleichterung in der ihnen zur Seite stehenden vollendeten Thatsache. Für Das, was wirklich geschehen ist, sind wir selten um Gründe verlegen. Allein wenn

man sich die Schwierigkeit der feinern chemischen Versuche und die dabei nothwendige Berücksichtigung so vieler Nebenumstände vergegenwärtigt, die erfoderlich sind, um z. B. ein analytisches Resultat von beweisführender Kraft zu erhalten, so sieht man wol ein, daß selbst von den scharfsinnigsten Gelehrten des Alterthums, den Philosophen der Griechen, solche Arbeiten nicht zu erwarten sind. Theils fehlte ihnen manches von dem hierzu erfoderlichen Material, anderntheils aber war es die denselben eigene Geistesrichtung, nach welcher sie auf dem Wege reiner Gedankenentwickelung oder Speculation die wissenschaftliche Erkenntniß in den verschiedenen Gebieten zu erzielen strebten, wodurch sie der genauern Naturforschung fern blieben. In den Naturwissenschaften können aber Ideen den Fortschritt nur alsdann fördern, wenn sie fortwährend mit genau bestätigten Thatsachen zusammengehalten werden, um die Gültigkeit jener an der Uebereinstimmung mit letztern zu erproben.

Da wir die Griechen im Uebrigen in den Künsten geschickt sehen, so hätte doch von diesen eine Anregung zur experimentirenden Methode ausgehen oder unterstützt werden können. Allein Alles, was Arbeit und Gewerbe heißt, geschah dort ausschließlich durch die Hände der Sklaven oder doch des ungebildeten Theils der Bevölkerung. Wenn nichtsdestoweniger ein jeder Gegenstand, der aus einer griechischen Werkstatt hervorgegangen und bis zu uns gekommen ist, das Gepräge des griechischen Schönheitssinns trägt, so war es eben doch nur der ästhetische Theil der Künste, welcher die Aufmerksamkeit und Theilnahme der Hochgebildeten für sich hatte. Anmuth und Schönheit der Form war die allgemein gestellte Foderung, und wir sehen daher auch vorzugsweise die auf rein mechanischen Hülfsmitteln beruhenden Künste bei den Griechen entwickelt, wie Baukunst, Bildhauerei, das Schneiden in Stein, die Mosaikarbeiten und das Gießen und Treiben in Metall.

Dagegen warf sich die ganze geistige Kraft des gebilde-

ten Griechen auf Philosophie, Politik und mit dieser verbundene Redekunst, Poesie und Aesthetik der schönen Künste. Für diese Gebiete war in der That in dem geistig bewegten und offen daliegenden Leben des griechischen Volks als Anhaltepunkt für die ideale Betrachtung ein reichhaltiges Material gegeben, das nicht erst durch mühsame und Geduld erschöpfende Versuche und Arbeiten geschaffen zu werden brauchte, wie dies bei den Grundlagen der wissenschaftlichen Chemie der Fall ist.

Selbst das Gebiet der Medicin, das in späterer Zeit so fruchtbar für Förderung chemischer Thatsachen sich erwies, zeigte sich in der eben geschilderten Zeit ganz unergiebig, da die von den ältesten griechischen Aerzten gebrauchten Arzneimittel nur in Pflanzensäften, ohne besondere chemische Zubereitung, bestanden.

Wie wenig in der That der Begriff Dessen, was wir jetzt unter einem naturwissenschaftlichen Versuch verstehen, damals vorausgesetzt werden kann, geht aus dem bekannten Experiment des Aristoteles hervor, nach welchem ein mit Asche gefülltes Gefäß gerade so viel Wasser aufnehmen soll als ein leeres.

Wenn wir nun bei dem so hochgebildeten, in scharfsinnigem Denken und logischen Ausführungen so gewandten Volke der Griechen keinen Anfang wissenschaftlicher Chemie nachzuweisen vermögen, so dürfen wir uns füglich die Mühe ersparen, bei den übrigen Völkern, nicht allein der ältesten Geschichte, sondern auch einer langen nachfolgenden Periode, danach zu suchen, und zwar am wenigsten in jenen Zeiten, wo stürmische Völkerwanderungen die Cultur der Wissenschaften überhaupt nicht aufkommen ließen.

Allein auch von der nun folgenden Periode, in der Zeitrechnung etwa dem 4. Jahrhundert entsprechend, können wir den Beginn der wissenschaftlichen Chemie nicht datiren, obgleich sie in diesem dem Namen nach schon vorhanden zu

sein scheint, und obgleich von da an eine Reihe von chemischen Thatsachen sich festzustellen beginnt, die wir als höchst werthvoll anzusehen haben.

Es beruht dies auf einer ganz besondern Eigenthümlichkeit in der Geschichte der Chemie, der wir nicht leicht in Verfolgung der Quellen irgendeiner andern Wissenschaft begegnen. Diese beruht darin, daß der Zweck, den wir heute der Chemie beilegen, in frühern Zeiten gänzlich unbekannt war und daher nicht das Ziel der mannichfachen chemischen Arbeiten vieler Jahrhunderte sein konnte.

So alt die Gottesverehrung und religiöser Cultus, die Feststellung bestimmter Rechtsverhältnisse und die Praxis, gegen Krankheiten gewisse Mittel anzuwenden, sind, so weit dürfen Theologie, Rechtswissenschaft und Medicin den Anfang ihrer Wissenschaften zurückverlegen. Das Ziel dieser Wissenschaften war in den frühesten Zeiten ihres Auftretens kein anderes, als es am heutigen Tage ist.

Im Gegensatze hiermit sehen wir die Chemie im Verlaufe ihrer Geschichte sehr verschiedene Zwecke sich vorstecken. Die Kunst des Goldmachens war es eine zeitlang, worauf alle chemische Arbeiten zielten, und nachher sehen wir die Heilung aller Krankheit, ein Universalheilmittel, ein Lebenselixir, als höchsten Zweck dem Chemiker vorschweben. Daß so verschiedenen Richtungen dennoch derselbe Name geblieben ist — denn der Ausdruck Chemie ist schon an 1400 Jahre alt — beweist, wie es mehr die chemischen Operationen waren, auf welche diese Benennung bezogen wurde, als die denselben vorübergehend zu Grunde liegenden Zwecke. Haben wir doch schon früher gezeigt, wie selbst heutigen Tags der Zweck des Chemikers Vielen noch gänzlich fremd ist, wie sie beim Namen Chemie unwillkürlich an Retorten und Kolben denken und keineswegs an den wissenschaftlichen Begriff derselben.

Die wechselnden Zwecke der chemischen Operationen haben dann der geschichtlichen Chemie und den ausführenden

Chemikern nicht minder wechselnde Schicksale bereitet, und es ist anziehend, hierüber die eigenen Worte des Geschichtschreibers zu vernehmen:

„Die Geschichte der Chemie ist hauptsächlich interessant durch den Wechsel ihrer Schicksale; wenig andere Wissenschaften haben von ihrem Ursprunge an bis auf unsere Zeit so viele Schwierigkeiten, die ihrer Begründung, Aufklärung und Vervollkommnung im Wege standen, zu bekämpfen gehabt. Wenig andere haben sich so in Extremen bewegt wie gerade die Chemie. Ihrer allgemeinen Stellung nach ist sie bald eine verachtete Beschäftigung, bald die gepriesenste Wissenschaft. Bald wird ihr aller wissenschaftliche Charakter abgesprochen, wird sie von dem Freunde der Aufklärung als die Quelle unzähliger Irrthümer verabscheut, mit der Strenge des Gesetzes und der Geißel des Spotts verfolgt, von den Großen geächtet und mit dem Fluche der Kirche bedroht — bald wieder ist sie der Abgott, dem alle Stände sich beugen, die Wissenschaft, von welcher Jeder Bereicherung und Belehrung erwartet. Bald wird ihre Ausübung nur insgeheim zu betreiben gewagt, bald wird ihr öffentlich der größte Vorschub geleistet. Die Art ihres Einflusses und ihrer Anwendung wechselte: bald erscheint sie in Begleitung aller Ausgeburten geistiger Verblendung und hilft das Ansehen derselben unterhalten — bald wieder zeigt sie sich als eins der wirksamsten Werkzeuge zur Vernichtung des Aberglaubens. Bald wird sie angewandt, um die mystischen Lehren theosophischer Verrücktheit zu unterstützen, bald wird sie als Grundlage des crassesten Materialismus vorgeschoben. Bald leitet Habsucht, bald Wißbegierde ihr Studium; die Beschäftigung mit ihr ist bald Sache der Arzneikunde, bald Finanzspeculation; bald soll ihre Ausübung unmittelbar Haufen von Gold hervorbringen, bald soll sie nur mittelbar durch Beförderung der Gewerbe den Wohlstand heben, bald soll sie das Unmögliche möglich machen, aus eigener Macht le-

bendige Geschöpfe hervorbringen und Pflanzen aus ihrer Asche erwecken; bald verwirft man sie da, wo sie ungezwungen die richtigen Mittel, bestimmte Zwecke zu erreichen, angibt und die Anwendbarkeit derselben zu rechtfertigen weiß. Ihre Hülfswissenschaften wechseln: bald sucht sie sich auf Magie und Kabbala, Astrologie und Geisterbeschwörung zu stützen, sucht sie Belehrung in Visionen und Träumen — bald wieder geben die Grundsätze gesunder Philosophie, die nüchterne Anwendung der Mathematik auf zuverlässige Beobachtungen ihre Grundlagen ab. Und auch, wo sie in der Wahl ihrer Hülfswissenschaften richtig zu Werke geht, schwebt sie doch anfangs gewöhnlich in Extremen, ordnet sie sich oder die Hülfswissenschaft ganz unter, bis langes Studium das richtige Verhältniß lehrt. Ebenso wechselnd wird ihr Werth als Hülfsmittel anderer Wissenschaften geschätzt: bald wird sie von allen zurückgewiesen, höchstens als Kunst betrachtet, die jedes geistigen Gehalts ermangele, und selbst von den Fächern verleugnet, welche ihrer doch kaum entbehren können — bald wieder wird sie als der allmächtige Hebel angesehen, Wissenschaften zu fördern, die mit ihr in gar keinem Zusammenhange stehen; werden ihr andere Wissenschaften unbedingt untergeordnet, deren Zweck doch ein ganz anderer ist."

„Ihre Bekenner und Beförderer gehören allen Ständen an: Kaiser und Könige wie arme Umzügler, Geistliche, Aerzte, unabhängige Liebhaber der Naturwissenschaften wechseln ab als die Bewahrer ihrer Kenntnisse; bald in Klöstern, bald in Apotheken haben wir die Tempel ihrer Wissenschaft zu suchen; zu ihr bekennen sich Taschenspieler und Glücksritter wie schulgerechte Gelehrte."

„Aus einem solchen Chaos der verschiedenartigsten Einflüsse bricht sich endlich die heutige Chemie ihre Bahn, nimmt eine selbständige Stellung ein, ordnet ihr Verhältniß zu andern Wissenschaften, wird ein wesentlicher Zweig allgemeiner Bildung und nützt mehr in Bewährung ihrer vielseitigen

Anwendbarkeit, als sich je die größten Schwärmer von der Verfolgung einer einseitigen Richtung versprachen.“ *)

Bevor wir nun an eine Eintheilung der verschiedenen Zeiträume der Geschichte gehen, mögen einige Worte über Ursprung und Bedeutung des Namens Chemie angemessen erscheinen.

Diese Benennung konnte natürlich in einer Zeit nicht vorhanden sein, in welcher überhaupt zusammenhängende, auf ein bestimmtes Ziel gerichtete chemische Operationen nicht bekannt waren. Allein von dem Augenblick an, wo wir Nachrichten erhalten, daß die Kunst des Golderzeugens durch die Ausführung gewisser Experimente verfolgt werde, finden wir diese Beschäftigung mit dem Namen der Chemie bezeichnet. Die älteste Handschrift, in welcher derselbe sich findet, ist aus der Zeit Konstantin's des Großen, etwa 340 nach Christo. In einem Werke, das über den Einfluß der Planetenstellung zum Monde bei der Geburt auf die künftige Bestimmung des Menschen handelt, wird gesagt, daß die unterm Saturn Geborenen der Wissenschaft der Chemie angehören würden. Eine Erklärung des Ausdrucks ist nicht hinzugefügt, aber andern Orts findet man, daß in jener Zeit schon die Metallveredelung in Gold verfolgt und als Chemie bezeichnet wurde.

Was nun die Abstammung des Namens betrifft, so scheint die folgende am wahrscheinlichsten. Aegypten war das Land, aus welchem den Griechen die Kenntniß chemischer Operationen überliefert wurde, und da Aegypten früher auch Chemia hieß, so wurde der Name des Landes zugleich auf die dorther gekommene, geheimnißvolle Kunst übertragen. Als die Araber die Richtung der Metallveredelung annahmen, so setzten sie deren Namen ihren Artikel vor, woher das Wort Alchemia entstanden ist. Wahrscheinlich ist auch durch diese ein Uebergang der Bezeichnung von Chemie in

*) Kopp, „Geschichte der Chemie“, I, 14.

Chymie bewirkt worden, die später häufig gebraucht wird und Veranlassung gab, den Namen vom griechischen Worte Chymos, das Saft und Flüssigkeit bedeutet, abzuleiten.

Die Geschichte der Chemie läßt sich in eine ältere, mittlere und neuere eintheilen. Der ältern Geschichte gehört jener Zeitraum des Alterthums an, in welchem zwar manche Producte, die zu verschiedenen Lebensbedürfnissen dienten, bereitet wurden, in welchem jedoch kein Zusammenhang in chemischen Kenntnissen und Zwecken sich vorfindet. Dieser Zeitraum erstreckt sich bis gegen das 4. Jahrhundert.

Die mittlere Geschichte von diesem Zeitpunkte an bis zur Mitte des 17. Jahrhunderts zeigt nun den Unterschied, daß jetzt allerdings die chemischen Operationen in Zusammenhang gebracht und zur Verfolgung besonderer Zwecke verwendet werden. Allein diese Zwecke sind nicht die der Wissenschaft. Anfänglich ist die Goldmacherkunst das Ziel, bis im ersten Viertel des 16. Jahrhunderts medicinische Zwecke als Hauptaufgabe der Chemie erscheinen.

Erst in der Mitte des 17. Jahrhunderts beginnt eine Lostrennung der Chemie, als einer Wissenschaft an sich, bemerklich zu werden, indem wir hier den Versuchen begegnen, die chemischen Thatsachen in ein System zu bringen und dies zur Erklärung von Naturerscheinungen anzuwenden.

Da in der mittlern Geschichte verschiedene Zwecke die Richtung der Chemie bestimmten, und in der neuern Geschichte mehre Systeme in ihrer Herrschaft einander folgen, so lassen sich hiernach auch fünf verschiedene Epochen oder Zeitalter der Chemie bilden, nämlich: 1) Zeitalter der chemischen Kenntnisse der Alten, bis 300 nach Christus; 2) Zeitalter der Alchemie oder Goldmacherkunst, von 300—1525; 3) Zeitalter der medicinischen Chemie oder Jatrochemie, von 1525 — 1650; 4) Zeitalter der phlogistischen Theorie, von 1650 — 1775; 5) Zeitalter der analytischen Chemie, von 1775 bis zur Chemie der Gegenwart.

Es ist jedoch zu bemerken, daß diese Zeitabschnitte nicht

in der Weise genau zu nehmen sind, wie dies durch die beigefügten Jahreszahlen ausgedrückt wird. Denn in dem zweiten Zeitalter finden wir schon einzelne Bestrebungen, die ihrem Zwecke nach als dem dritten angehörig erscheinen, während andererseits einzelne alchemistische Arbeiten noch weit in die Periode der medicinischen Chemie, ja bis in das Zeitalter der neuern sich erstrecken, wobei wir freilich auf die in heutiger Zeit zuweilen noch vorkommenden Verirrungen keine Rücksicht nehmen, die immer noch Beispiele liefert, wie leichtgläubige und abergläubige Köpfe, durch das Lesen alchemistischer Werke verwirrt oder durch betrügerische Schelme verführt, der angeblichen Kunst Gold zu machen oder den Stein der Weisen zu finden Zeit und Vermögen opfern.

1. Zeitalter bis 300 nach Christus; Chemie des Alterthums.

Die älteste Geschichte eines Volks ist immer eine Geschichte der ersten Anfänge der Cultur. Wir sehen in der Entwickelung derselben die im Naturreich für den Gebrauch des Menschen niedergelegten Schätze allmälig in dessen Hände übergehen, und aus naheliegenden Gründen geschieht dies zunächst mit den am leichtesten zugänglichen und den Lebensbedürfnissen am unentbehrlichsten. Die Erzeugnisse des chemischen Processes gehören nun allerdings zu den mehr verborgenen Schätzen, an welchen selbst die neueste, mit chemischen Kenntnissen und Hülfsmitteln so reich ausgestattete Zeit noch manchen werthvollen Fund zu thun hofft. Um so weniger dürfen wir daher erwarten, bei den ältesten Völkern eine bedeutende Mannichfaltigkeit chemischer Producte in Gebrauch zu sehen.

Unstreitig erregte zuerst ein Zufall die Aufmerksamkeit auf eine und die andere chemische Erscheinung, deren Product einer Anwendbarkeit sich fähig zeigte, und führte eine absichtliche Wiederholung derselben herbei. Nicht jeder Zufall führt indessen zu einer Entdeckung. Wie viele Tausende von

an sich werthvollen Beobachtungen sind nicht schon gemacht worden, ja werden noch fortwährend gemacht, ohne daß sich hieran irgend erhebliche Folgen knüpfen! Glücklich ist daher ein Zufall nur dann zu nennen, wenn er im Bereiche eines aufmerksamen, denkenden und regsamen Beobachters sich zuträgt, der denselben erfolgreich zu machen versteht. Wir sehen daher Personen, die sich einer derartigen Entdeckung zu bemächtigen verstanden, im Alterthum mehrfach mit göttlichen Attributen oder Eingebungen in Verbindung gebracht, wie die Sagen des Prometheus, der das Feuer anzufachen vermochte, des Bacchus, welcher die Gährung lehrte, des Hephästos, der die Metalle zu behandeln verstand, und andere bezeugen.

Die Erfindung des Glases, irrthümlich den Phöniziern zugeschrieben, soll dem zufälligen Umstande verdankt werden, daß, in Ermangelung eines Andern, Stücke von Soda zur Unterlage eines Rostes bei Anlage eines Feuers im Freien gebraucht wurden. Hier konnten allerdings die vorhandenen Bedingungen zur Bildung eines Glasflusses, nämlich Sand, Soda und Glühhitze, vorhanden sein. Ein noch einfacheres Experiment führte in späterer Zeit zur Entdeckung der Orseille, eines schönen, rothen Farbestoffs, der aus einer unscheinbaren Flechte gewonnen wird, welche die Felsen der Canarischen Inseln überzieht. Ein Reisender, venia sit verbo, pißte auf eine mit jener Flechte bedeckte Stelle und bemerkte, daß diese nach einiger Zeit eine schöne rothe Färbung angenommen hatte. Seitdem wird die Pflanze gesammelt und mit gefaultem Urin oder anderer ammoniakhaltiger Flüssigkeit zur Darstellung schön rother und violetter Farben benutzt. Auch in der neuern Zeit, in einer Periode reich an wissenschaftlichen Entdeckungen, hat sich der Zufall noch mehrmals überraschend hülfreich erwiesen, wie z. B. das Jod zuerst von einem Seifensieder beobachtet wurde, als derselbe in ganz anderer Absicht gewisse Salze mit Braunstein und Schwefelsäure der Destillation unterwarf.

Je reicher die Hülfsmittel, je verbreiteter die Kenntniß chemischer Operationen, desto weniger werden solche Ergebnisse des Zufalls verloren sein, und gerade das Fehlen dieser Bedingungen erklärt es, wie Reihen von Jahrhunderten selbst bei den cultivirtesten Völkern des Alterthums erfoderlich waren, um nur die einfachsten chemisch-technischen Operationen in Uebung zu bringen.

Vor allem sind es die Aegypter, dieses merkwürdige, in Künsten und Wissenschaften so früh schon vorangeschrittene Volk, bei welchen die meiste chemische Production vorausgesetzt werden darf, ja von welchen die Kenntniß chemischer Gewerbe und Handgriffe überhaupt ausgegangen ist und durch ihre Berührung mit andern Völkern auf diese übertragen wurde. Schon oben haben wir diesen Umstand mit der Ableitung des Namens der Chemie in Zusammenhang gebracht. Die Aegypter verstanden die Darstellung und Bearbeitung mehrer Metalle und Metallgemische, sie wußten Salmiak, Soda, Kochsalz, Alaun und Glas zu bereiten, wie uns die nebenstehenden, alten ägyptischen Denkmalen entnommenen Abbildungen (Fig. 19—21) deutlich erkennen lassen — sie brannten ferner Ziegel und ver-

Fig. 19.

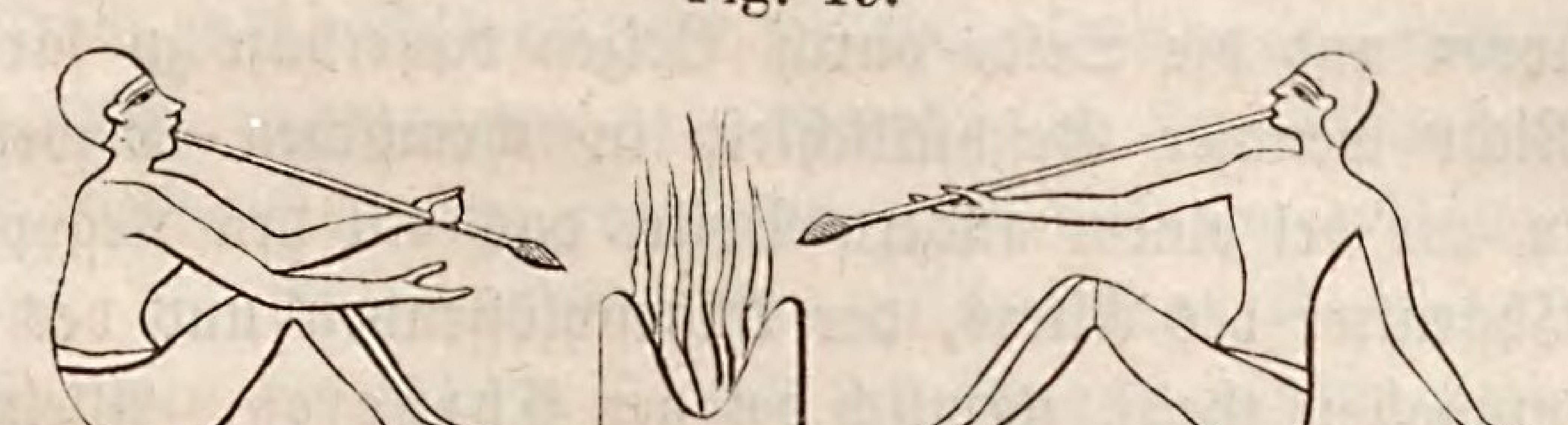
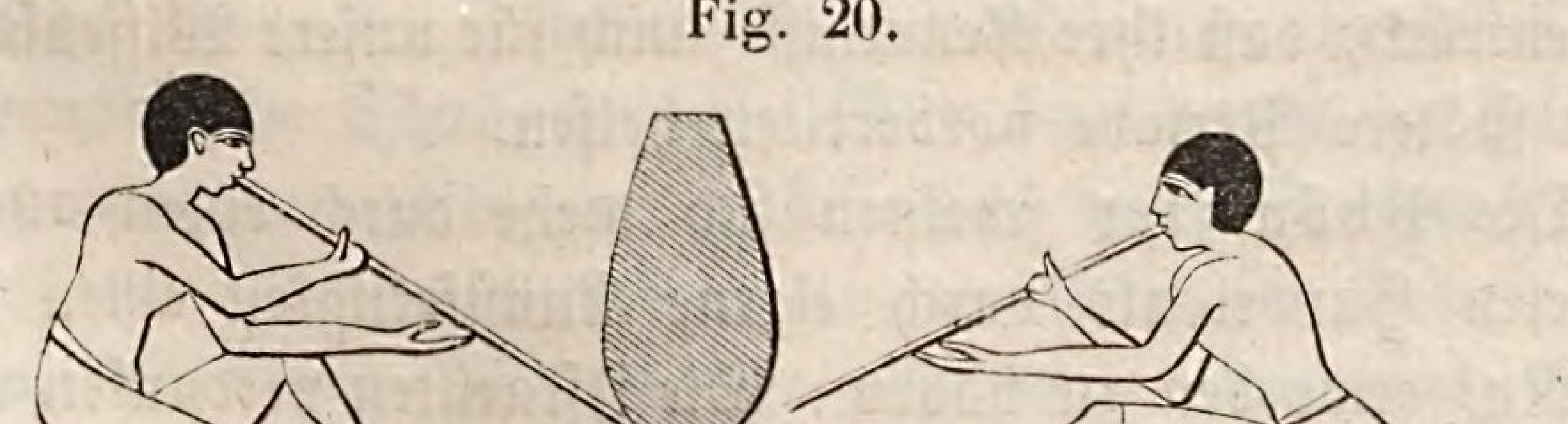
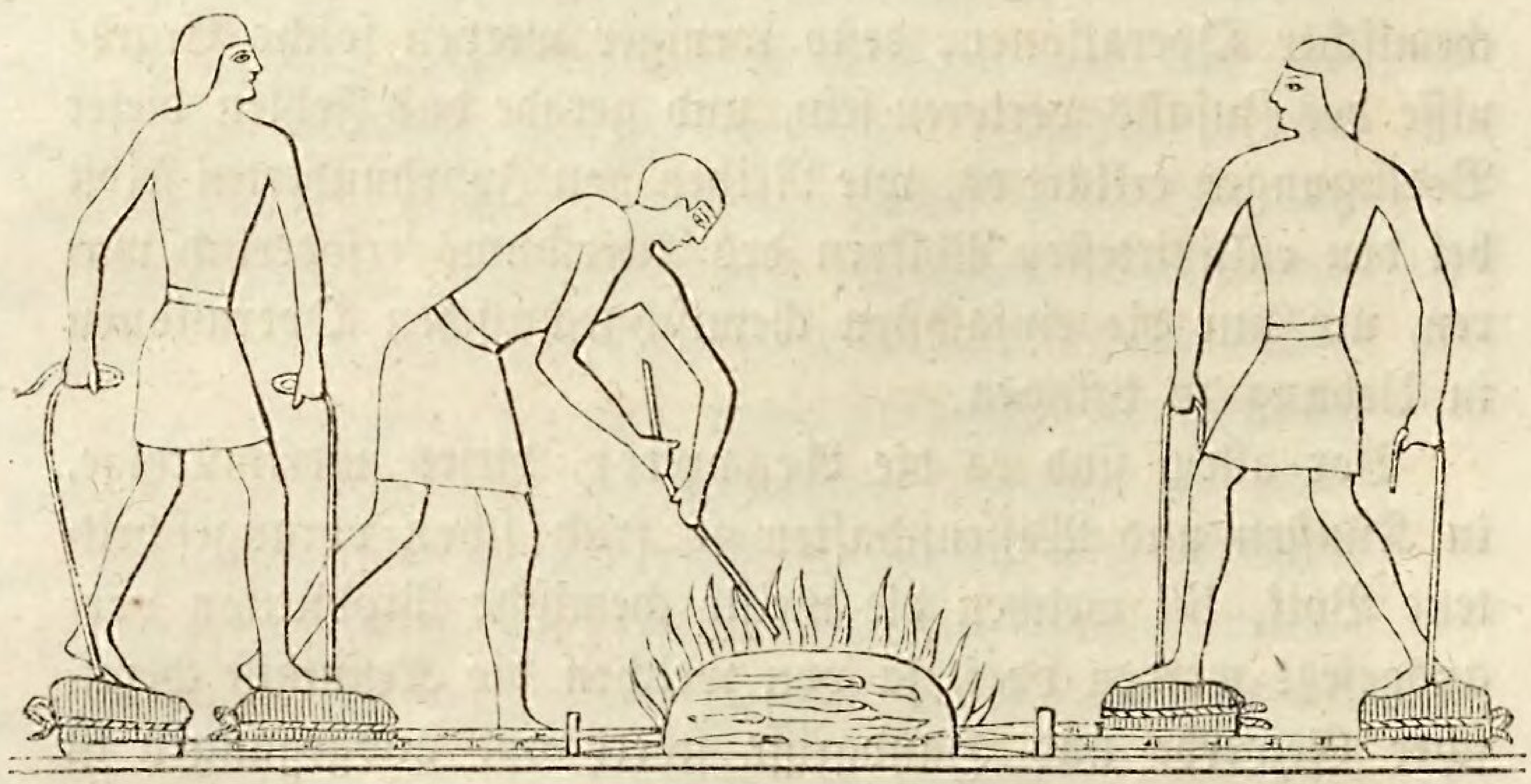


Fig. 20.



Aegyptische Glasbläser.

Fig. 21.



Aegyptisches Gebläsefeuer.

fertigten bemalte Töpferwaaren. Auch Grünspan und Bleiweiß waren denselben bekannt, und es spricht für den hohen Werth, welchen sie den Künsten beilegten, daß ihre Geschichte anführt, welcher König zuerst die blaue Farbe durch Kunst nachzuahmen versucht habe. Als weitere chemische Producte finden wir bei den Aegyptern den Essig, das Bier, die Seife und verschiedene Arzneimittel, und außerdem besaßen sie die Kunst, Leichname vor Fäulniß zu bewahren und die Seide durch Beizen dauerhaft zu färben.

Nicht weniger Geschicklichkeit in chemischen Gewerben treffen wir bei einem andern Volke, das mit den Aegyptern den Charakter des Alters, der Abgeschlossenheit und des Geheimnißvollen theilt, nämlich bei den Chinesen. Allein sie bleiben dem Entwickelungsgange der übrigen Völker so gänzlich entrückt, daß ihre Kenntnisse auch für unsere Wissenschaft keine spätere Periode vorbereiten helfen.

Die Phönizier scheinen sich mehr durch einen ausgebreiteten Handel als durch eigene Kunstfertigkeit einen großen Ruf erworben zu haben. Die Israeliten verdanken viele ihrer technischen Fertigkeiten wol der längern Berührung mit den Aegyptern, und aus ihren Schriften geht hervor, daß

ihnen Gold, Silber, Kupfer, Zinn, Blei und Eisen bekannt waren, wie denn überhaupt die Gewinnung der Metalle überall den Anfang aller Industrie macht.

Was wir gleichzeitig von den Griechen, z. B. aus Homer etwa **1000** vor Christus erfahren, zeigt uns diese an Kenntniß chemischer Thatsachen den Israeliten keineswegs voraus. Das Eisen, weit schwieriger darstellbar, war bei den Erstern seltener und kostbarer, und ihre Waffen und Geräthe wurden aus Legirungen von Kupfer und Zinn verfertigt, von denen ersteres öfter gediegen vorkommt, und die beide aus ihren Erzen leichter in den metallischen Zustand übergeführt werden können als das Eisen.

Wir haben bereits die Gründe angegeben, warum der nach andern Richtungen so schön und so reich sich entwickelnde griechische Geist in Förderung chemisch werthvoller Thatsachen sich so unergiebig bewies. Die vorzugsweise Geneigtheit, Alles von einem gemeinschaftlichen Gesichtspunkte aus der Betrachtung zu unterwerfen, diese Methode des Generalisirens verhinderte die für die Gewinnung wissenschaftlicher Erfahrung so wichtige und nothwendige Verfolgung der wirklichen Erscheinungen, und brachte die sogenannte empirische Methode geradezu in Misachtung.

Das große Römerreich, welches die vorgenannten Völker, China ausgenommen, allmälig in sich aufnahm und durch diesen Zuwachs erst selbst seine Bildung erhielt, war ein für die Entwickelung der auf so feinen Beobachtungen gegründeten chemischen Technik keineswegs günstiger Boden. Wir sehen in der That während seiner ganzen Dauer und selbst in den ersten Jahrhunderten nach seinem Verfall kaum nennenswerthe Thatsachen die schon den Aegyptern bekannten vermehren. Von der Destillation, einer Operation, die in späterer Zeit bei den Arbeiten der Chemiker eine so hervorragende Rolle spielte, findet sich nur die Andeutung einer unvollkommenen Ausführung. Man wußte nämlich das Quecksilber zu gewinnen, indem der natürlich vorkommende

Zinnober mit Eisen vermengt in einem Gefäße erhitzt wurde, das mit einem Deckel verschlossen war, an welchem sich dann die Dämpfe des abgeschiedenen Quecksilbers verdichteten.

Aus allem seither Gesagten erhellt von selbst, daß in dem ganzen geschilderten Zeitraume durchaus von keinem Zusammenhang chemischer Arbeiten, noch weniger von einem hierauf gegründeten Zweck, und am wenigsten von einer den chemischen Erscheinungen zu Grunde gelegten Idee die Rede sein kann. Von letzterer findet sich nicht einmal eine Ahnung. Dies ist um so auffallender, als zuerst durch die speculative Philosophie der Griechen eine Frage aufgeworfen und vielfach zum Gegenstande metaphysischer Betrachtungen gemacht wurde, die noch bis in die neueste Zeit ein Hauptgegenstand der Chemie geblieben ist, welche dieselbe nur auf experimentalem Wege lösen zu können glaubt. Es ist dies die Frage nach den Elementen oder nach den Urbestandtheilen aller Dinge.

Unterwerfen wir die in dieser Beziehung von den griechischen Philosophen ausgesprochenen Ansichten, die uns durch ihre Schriften am vollständigsten überliefert worden sind, einer nähern Prüfung, so ergibt sich, daß der Ausdruck Element damals nicht in demselben Sinne gebraucht wurde, wie es gegenwärtig der Fall ist. Einige derselben verstanden unter Element die allgemeine Bedingung, aus welcher die ganze Reihenfolge der Körperwelt hervorgegangen sei; und in diesem Sinne ist es zu nehmen, wenn schon 600 vor Christus Thales das Wasser, sodann Anaximenes die Luft, später Heraklit das Feuer als das Ursprüngliche bezeichnen, aus welchem Alles hervorgegangen. Die Wahrnehmung, daß Luft, Wasser und Wärme die nothwendigen Bedingungen zur Entwickelung des pflanzlichen und thierischen Lebens sind, ist es wol, die zu solchen Verallgemeinerungen geführt hat. In ähnlichem Sinne gebrauchen wir ja noch jetzt den Ausdruck, es sei das Wasser das Element der Fische, die Luft der Vögel.

Andere dagegen und vorzüglich Aristoteles verstehen unter Elementen verschiedene Urzustände oder Grundeigenschaften, aus deren Vorhandensein und Mischung die verschiedenen Eigenschaften und Zustände der Körperwelt hervorgehen. Denn die Materie selbst hält Aristoteles für durchgehends gleichartig, und schreibt ihre äußere Verschiedenheit sowol dem Einflusse seiner Elemente als auch der verschiedenen Form ihrer kleinsten Theile zu. Feuer, Wasser, Luft und Erde sind nun die bekannten vier Aristotelischen Elemente, die man zuerst bei dem ionischen Philosophen Empedokles als solche bezeichnet findet, und zwar begreift hiernach das Feuer in sich die Vorstellungen von Hitze und Trockenheit, die Luft von Wärme und Feuchtigkeit, das Wasser von Feuchtigkeit und Kälte, die Erde von Trockenheit und Kälte. Daher sind fühlbare Eigenschaften der Dinge, wie heiß, kalt, trocken, feucht, schwer, leicht, hart, weich u. s. w. abhängig von dem alleinigen oder vermischten Auftreten jener Grundeigenschaften.

Zu bemerken ist übrigens, daß Aristoteles noch von einem weitern, feinern, ätherischen Elemente spricht, welches vielleicht das Geistige repräsentiren soll, und dieses fünfte Element, essentia quinta, wurde später Gegenstand eifriger chemischer Untersuchungen, und noch jetzt ist der Ausdruck Quintessenz gebräuchlich, um damit den sublimsten Gehalt von Etwas zu bezeichnen.

Wenn nun aus dem Gesagten hervorgeht, daß zwischen den Elementen der Alten und den chemischen Elementen der Gegenwart kein Zusammenhang besteht, so war doch eine nähere Betrachtung jener frühern Ansichten werthvoll, da namentlich die Vorstellung des Aristoteles noch lange einen wesentlichen Einfluß auf die chemischen Forschungen und Lehren der nachfolgenden Jahrhunderte ausübte und im gewöhnlichen Leben noch jetzt einen gewissen Gebrauch hat.

2. Zeitalter der Alchemie.

Während die wenigen chemischen Thatsachen der vorhergehenden Periode keineswegs in besondern Schriften niedergelegt erscheinen, und selbst die Werke des Plinius und Dioskorides, die reich an schätzbaren Mittheilungen aus dem Gebiete der Naturwissenschaften sind, in dieser Beziehung uns keine Belehrung verschaffen, so rechnen wir den Beginn eines neuen Abschnitts der Entwickelungsgeschichte der Chemie von dem Zeitpunkte an, wo zuerst Schriften sich finden, welche den chemischen Operationen ausschließlich gewidmet sind. Solche Schriften, deren Entstehung mit hinreichender Sicherheit dem 4. und 5. Jahrhundert nach Christus angehörend erscheint und die sämmtlich in griechischer Sprache geschrieben sind, mögen ihren Ursprung direct oder indirect von der berühmten Hochschule zu Alexandrien ableiten, die, von Ptolemäus I. gestiftet, ein Mittelpunkt wissenschaftlicher Thätigkeit war, welche sich hier lange erhielt und von wo aus dieselbe sich später nach Byzanz mittheilte.

In jenen ältesten Schriften ist bereits von der Verwandlung die Rede und zwar nicht als von einer neuen, eben erst entdeckten Sache, sondern in einer Weise, die annehmen läßt, daß die Bemühungen des Goldmachens schon mehre Jahrhunderte älter sind, und daß wahrscheinlich die frühere mysteriöse Abgeschlossenheit der ägyptischen Gelehrten Mittheilungen darüber verhinderte.

Auf diese ersten Nachrichten, die spärlich an sich, noch durch Unverständlichkeit und Dunkelheit des Ausdrucks beeinträchtigt werden, folgt eine Periode der Ungewißheit, bis endlich im 9. Jahrhundert durch ein neu auftretendes Volk eine reichere Literatur als Quelle erscheint, die von da an, wenn öfter auch getrübt, doch niemals wieder versiecht.

Die Araber sind es, die nach der Zerstörung des Römischen Reichs, unter mächtigen und gelehrten Khalifen, auf den Trümmern altägyptischer und griechischer Bildung die

Wissenschaften neu aufrichteten und lange Zeit hindurch fast ausschließlich in Obhut und Pflege nahmen. Durch die Herrschaft derselben in Spanien theilten sich später ihre Kenntnisse den Völkern des Abendlandes mit. Von dem 9. Jahrhundert an haben wir nun eine ganze Reihe Schriften alchemistischen Inhalts, aus welchen hervorgeht, daß die Araber aufs eifrigste mit solchen chemischen Operationen beschäftigt waren, deren Zweck die Verwandlung gemeiner Metalle in edle ist. Es entstand daher vielfach die Meinung, daß die Chemie, die von nun an mit dem arabischen Artikel versehen als Alchemie auftritt, überhaupt arabischen Ursprungs wäre. Allein Wissenschaftlichkeit war keineswegs der ursprüngliche Charakter dieses Volks, das vielmehr in seinem ersten Auftreten durch religiösen Fanatismus und blinden Fatalismus sich auszeichnet und Kunst und Wissenschaft viel mehr vernichtet als begründet. Erst nach der Befestigung seiner Herrschaft nahm es aus dem unterworfenen Gebiete die Elemente seiner Bildung auf, die es dann zu einer erstaunenswerthen Blüte entfaltete, zu einer Zeit, wo ganz Europa, von Zügen roher Völker überflutet, der Gefahr einer Vernichtung aller Cultur ausgesetzt war. Damals war es, daß zu den durch die Araber gegründeten Hochschulen Spaniens, nach Cordova u. s. w., Lernbegierige aus allen Ländern Europas zogen, um neben den mathematischen und astronomischen Wissenschaften insbesondere die medicinischen und alchemistischen kennen zu lernen. Vor Allen ist Geber als der erste und bedeutendste der arabischen Alchemisten hervorzuheben, dessen Schriften noch bis ins 16. Jahrhundert als Hauptquellen des chemischen Studiums angesehen werden.

In Deutschland und den übrigen Ländern Europas treten erst von der Zeit des Verfalls der arabischen Herrschaft, vom 13. Jahrhundert an, bedeutendere Alchemisten auf, worunter namentlich Albertus Magnus, Roger Baco, Arnoldus Villanovus, Raymundus Lullus und am

Schlusse dieser Periode Basilius Valentinus zu erwähnen sind.

Im Allgemeinen herrscht in den zahlreichen Schriften der Araber sowol als ihrer Nachfolger ein dunkler und unverständlicher Stil. Vieles wird bildlich bezeichnet, und für manche Ausdrücke, die häufig gebraucht werden, ist es schwer oder selbst unmöglich, die richtige Bedeutung herauszufinden. So z. B. werden nach einer damals herrschenden Ansicht die Metalle zusammengesetzt gedacht aus Quecksilber und Schwefel, ohne daß jedoch unter diesen Namen genau die Stoffe zu verstehen sind, die wir jetzt damit bezeichnen. Quecksilber war gewissermaßen der Repräsentant des Glanzes, der Dehnbarkeit und der Unveränderlichkeit; der Schwefel dagegen der Zersetzbarkeit und Veränderlichkeit der Metalle. Auch der Umstand, daß viele der spätern Alchemisten dem klösterlichen Stande angehörten und Grund hatten, eine Verfolgung zu fürchten, trug dazu bei, daß die Beschreibung der chemischen Operation oft in eine mystische Sprache eingekleidet wurde; und nicht gering ist die Mühe Derjenigen gewesen, die es versucht haben, aus dieser Spreu den spärlichen Weizen zu sondern.

Wenn nun auch das den Arbeiten dieses Zeitraums vorschwebende Ziel der Golderzeugung keineswegs erreicht worden ist, so haben doch die zahlreichen in dieser Richtung unternommenen Versuche eine Menge äußerst schätzbarer Thatsachen zu Tage gefördert, was uns klar wird, wenn wir die am Schlusse desselben bekannten chemischen Producte überblicken. So finden wir schon bei Geber die Bekanntschaft mit Schwefelmilch und Schwefelmetallen, Soda, Pottasche und ätzenden Alkalien, mit Schwefelsäure, Salpetersäure, Königswasser und Essigsäure. Er beschreibt deutlich den Alaun, Salpeter, Salmiak und Vitriol, und außer verschiedenen Quecksilberpräparaten war ihm der Silbersalpeter und die Auflösung des Goldes bekannt. Die Destillation und Sublimation

waren ihm geläufige, vielfach angewendete Operationen. Die Kenntnisse in dieser Richtung werden durch die Nachfolger vervollkommnet und durch Entdeckung des Weingeistes, Weinsteins, Ammoniaks, Arseniks und verschiedener Antimonpräparate vermehrt.

Vergleichen wir daher diesen Zeitraum mit dem vorhergehenden, so ergibt sich am Schlusse desselben ein wesentlicher Fortschritt zu Gunsten des chemischen Wissens. Die chemischen Thatsachen erscheinen beträchtlich vermehrt, sie sind in zahlreichen Schriften niedergelegt, und es ist schon gewissermaßen ein Stand vorhanden, der die Chemie pflegt und mit den eingebildeten doch auch die wahren Schätze den Nachfolgern überliefert.

3. Zeitalter der medicinischen Chemie.

Schon in den Schriften der frühern Periode ist vielfach die Rede von dem Steine der Weisen, der zwei Tugenden besitzen soll, nämlich die, alle Metalle in Gold zu verwandeln, sowie alle Krankheiten zu heilen. Die Auffindung oder Darstellung desselben war das Ziel der alchemistischen Arbeiten. Auch ist mehrfach davon die Rede, ein flüssiges Gold, aurum potabile, darzustellen, welchem wunderbare Heilkräfte zugeschrieben wurden. Es scheint jedoch hierfür kein anderer Grund vorhanden gewesen zu sein als die Meinung, daß eine so kostbare Substanz auch ausgezeichnet in ihrer Wirkung sich erweisen müsse; wie denn auch andere werthvolle Stoffe, Perlen und Edelsteine, als wunderkräftige Medicinen verabreicht worden sind.

Wie mancher Alchemist nun auch sich rühmte, jene Wunder bewirken zu können, so konnte doch die Erfolglosigkeit solcher Bemühungen auf die Dauer nicht verborgen bleiben, zumal da es sich mehrfach herausstellte, daß geheimnißvolle Goldmacher im Grunde nur Betrüger waren. Die Beschäftigung mit Alchemie verfiel somit in Misachtung und Ver-

folgung. Dieselbe erhielt sich allerdings noch in der ganzen folgenden Periode; allein sie nimmt jetzt einen untergeordneten Rang ein.

Wir beginnen diese dritte Periode von der Zeit an, wo Aerzte anfingen, sich mit chemischen Arbeiten zu befassen, wo also die Chemie aus den Händen obscurer Laboranten in die von Männern überging, welche dem Stande der Gelehrten angehörten und einen für die damalige Zeit hoch anzuschlagenden Grad von wissenschaftlicher Bildung besaßen. Die Aerzte hatten bis dahin den Organismus und die Krankheiten ganz in dem Sinne aufgefaßt, der seit Aristoteles in Aufnahme gekommen war, und namentlich die Krankheiten nach der Methode des Galenus, mit einfachen Mitteln, die keine chemische Zubereitung erfoderten, behandelt.

Paracelsus, im Anfange des 16. Jahrhunderts auftretend, durch mehre Beobachtungen über die energischen Wirkungen chemischer Präparate, namentlich der Metalle, auf den Organismus geleitet, begann nun mit einer herausfodernden Entschiedenheit das alte System der Heilmethode des Galenus zu verwerfen und eine ganz chemische Theorie über den Organismus und seine Functionen aufzustellen. Er stellt Schwefel, Salz und Quecksilber als die Elemente der organischen Gebilde auf, freilich mehr in dem Sinne, daß er diese Stoffe als Repräsentanten gewisser Qualitäten annimmt, ähnlich wie die Alchemisten sich die Metalle aus Quecksilber und Schwefel bestehend dachten, ohne daß hierunter die jetzigen einfachen Stoffe zu verstehen sind.

Sind nun nach Paracelsus die erwähnten Stoffe in richtiger Art und Weise vorhanden, so sind die Organe in gesundem Zustande, während das Vorwalten des einen oder andern dieser Bestandtheile Krankheiten erzeugt. Die Heilung besteht darin, das richtige Verhältniß durch Zufügung oder Ableitung wiederherzustellen. Die verschiedenen Verrichtungen und Erscheinungen am gesunden und kranken Körper wurden von Paracelsus und seinen Nach-

folgern ganz mit chemischen Processen verglichen oder identificirt, wie z. B. die Verdauung mit der Gährung, und der Körper überhaupt als ein Gefäß betrachtet, in welchem Destillation und Sublimation, Niederschläge und Krystallisation fortwährend sich thätig und einflußreich erweisen.

Auch war Paracelsus der Erste, der als öffentlicher Lehrer der Chemie und zwar in deutscher Sprache auftrat, und der Erfolg, den er in einzelnen Heilungen hatte, die Kenntnisse, die er in Vielem bewährte, aber auch die Dreistigkeit, mit welcher er die alte medicinische Schule angriff und sein chemisches System aufstellte: alles Dies eignete sich in hohem Grade, um Epoche zu machen. Der Einfluß dieses Mannes auf den Fortschritt der Chemie war um so größer, indem er eine Menge von Gegnern zur Thätigkeit aufreizte und den gebildeten Stand der Aerzte der Beschäftigung mit der Chemie zuwendete. Die vermehrte Anwendung chemisch zubereiteter Arzneimittel endlich machte allmälig die Apotheker, die seither fast nur als Arznei- und Wurzelkrämer zu betrachten sind, zu einem der Chemie beflissenen Stande, der alsbald ihrem Fortschritte sich sehr förderlich erwies.

Dieser Uebergang der Chemie in gebildete Hände läßt sich alsbald in den chemischen Schriften bemerken. Wenn auch in denen des Begründers dieser Periode noch erstaunlich viel Wust und Bombast sich vorfindet — sein vollständiger Name war Philippus Aureolus Theophrastus Paracelsus Bombastus ab Hohenheim —, so sind doch die meisten Werke seiner Nachfolger in verständlicher Weise geschrieben, und namentlich zeichnen sich die des verdienstvollen Metallurgen Agricola aus Meißen (geb. 1494) durch Klarheit und Gediegenheit aus.

Es würde vom Zweck dieser Darstellung zu weit entfernen, wollten wir alle in diesem bis zur Mitte des 17. Jahrhunderts sich erstreckenden Zeitraum bemerkenswerthen Namen und daran zu knüpfenden Leistungen im Einzelnen auf-

führen. Im Allgemeinen sei daher nur gesagt, daß es vorzugsweise Deutsche waren, die in dieser Periode das chemische Wissen förderten, indem die pariser Akademie durch strenge Verbote der chemischen Arzneimittel die Betheiligung der französischen Mediciner in dem Streite über die Richtung des Paracelsus verhinderte — ein Beispiel, wie selbst gelehrte Körperschaften ein Hemmniß des Fortschritts werden können, was in Frankreich später auch auf andern Gebieten der Wissenschaft sich wiederholt hat.

Die Methode der Darstellung chemischer Präparate erscheint nun bei weitem zweckmäßiger, sicherer und von weitschweifigen und unnützen Zuthaten befreit. Mehrfach findet sich schon ein analytisches Verfahren, welches ziemlich genaue Scheidungen vollbringt, namentlich in den Hüttenprocessen durch Agricola eingeführt. Die starken Säuren wurden reiner dargestellt und vermittelst dieser dann leichter die schwächern erhalten, sowie in den Rückständen werthvolle Salze, worunter das von Glauber entdeckte Wundersalz oder Sal mirabile einen hohen Rang einnimmt. Diesem fleißigen Chemiker werden überhaupt viele vortreffliche Beobachtungen verdankt, und über manche chemische Zersetzungen hatte er Vorstellungen, die unserer jetzigen Ueberzeugung ganz entsprechend waren. Es begann überhaupt in dieser Zeit ein wichtiger Uebergang in der Ansicht über chemische Processe sich vorzubereiten und theilweise schon festzustellen. Wenn seither durch das Einwirken verschiedener Körper aufeinander ein neuer Körper zum Vorschein kam, so glaubte man dies als eine Verwandlung der ursprünglichen Stoffe in das Product erklären zu müssen. Ein auffallendes Beispiel hierfür bietet die sogenannte Verwandlung des Eisens in Kupfer dar. Wird nämlich ein blankes Stück Eisen in eine Auflösung von schwefelsauerm Kupferoxyd gelegt, so erscheint es alsbald mit einer rothen Schicht von metallischem Kupfer überzogen, und nach längerer Zeit ist das Eisen gänzlich verschwunden und an seiner Stelle eine entsprechende

Kupfermasse vorhanden. Während, wie gesagt, diese Erscheinung früher als ein ebenso einfacher als schlagender Beweis der Metallverwandlung angesehen wurde, zeigten nun genauere Versuche, daß das Kupfer in diesem Falle keineswegs erzeugt werde, sondern bereits in der angewendeten Flüssigkeit aufgelöst vorhanden gewesen sei. Daher wurde denn mit Recht auch weiter geschlossen, daß Stoffe, nachdem sie chemisch miteinander verbunden sind, nicht aufhören zu existiren, sondern veranlaßt werden können, mit ihren ursprünglichen Eigenschaften wieder hervorzutreten.

Auch der Ausdruck Verwandtschaft, oder vielmehr Affinität, findet sich, wiewol nicht in dem jetzt ihm untergelegten Sinne, während bei Glauber eine merkwürdige Stelle vorkommt, aus der erhellt, daß, ohne des Ausdrucks der Verwandtschaft sich zu bedienen, er dennoch eine Vorstellung von gewissen Zersetzungen hatte, die der jetzt üblichen ganz angemessen ist. Er wußte z. B., daß das Ammoniak (Sal volatile genannt) aus seiner Verbindung mit Salzsäure, dem Salmiak, durch stärkere Basen, wie Kali, Kalk und Zinkoxyd, in der Hitze ausgetrieben werde, und es beruhe dies darauf, sagt Glauber: „weilen der Galmei (Zinkoxyd) wie auch Kali und Kalk solcher Natur ist, daß er große Gemeinschaft mit allen Acidis (Säuren) hat, dieselben sehr liebt und auch von ihnen geliebt wird; also henket sich das Sal acidum (die Salzsäure) in der Wärme an denselben, verbindet sich damit, dadurch das Sal volatile (das Ammoniak) ledig gemacht und zu einem subtilen Spiritu (Salmiakgeist) distillirt wird."

Van Helmont (geb. 1577 in Brüssel), vorzüglich in den Niederlanden in großem Ansehen stehend, ist noch als einer der Ausgezeichnetsten dieser Periode zu nennen. In medicinischer Beziehung legt er besonders auf die saure oder alkalische Beschaffenheit der Säfte und Secrete des Körpers einen großen Werth. Krankheiten rühren nach ihm hauptsächlich von Ueberschuß an Säure oder Alkali her, und er

verordnet alsdann die entgegengesetzten Mittel. In chemischer Beziehung sucht er den wichtigen und richtigen Grundsatz durchzuführen, daß ein Stoff in alle möglichen Verbindungen eingehen kann, ohne damit seine eigenthümliche Natur zu verlieren, da er aus diesen mit allen seinen frühern Eigenschaften wieder abgeschieden werden könne. Sodann unterschied er genauer als bisher die verschiedenen Luftarten und bezeichnet sie als Gase, um ihre Verwechselung mit gewöhnlicher Luft zu vermeiden.

Auch stellte van Helmont einen interessanten physiologischen Versuch an, indem er einen Weidenzweig, der fünf Pfund wog, in einen Topf mit Erde setzte, deren Gewicht, nachdem sie scharf getrocknet war, genau 200 Pfund betrug. Der Topf wurde mit einem Deckel möglichst vor Staub geschützt und täglich mit Regenwasser begossen. Nach fünf Jahren wurde der Versuch beendigt; es fand sich, daß die Weide 164 Pfund an Gewicht zugenommen hatte, obgleich die Erde des Topfes, wieder getrocknet, fast genau das ursprüngliche Gewicht hatte, indem sie nur einen Verlust von zwei Unzen zeigte. Ein Versuch, aus welchem van Helmont schließt, daß das Wasser ein Element aller Vegetabilien sei, was in Hinsicht auf die elementaren Bestandtheile auch die neuere Analyse bestätigt. Bei Gelegenheit der Betrachtung des Einflusses der Chemie auf die Pflanzenphysiologie werden wir nochmals auf den eben beschriebenen Versuch zurückkommen.

Neben so manchen guten Beobachtungen und daraus gefolgerten richtigen Schlüssen fehlt es doch dieser Periode auch keineswegs an Uebertreibungen und vielfacher Neigung, sich einem Glauben an das Wunderbare hinzugeben, wie es mit besonnener Naturforschung sich nicht verträgt. Als ein Beispiel von Sonderbarkeiten der Art ist es nach van Helmont's Meinung eine ausgemachte Sache, daß sich in einem Gefäße, darin man ein schmuziges Hemd mit Wei-

zenmehl zusammengebracht hat, aus diesen beiden Dingen Mäuse erzeugen!

Es gewährt ein ganz besonderes Interesse, diese Epoche der Vergangenheit, in welcher die Chemie den Lebensproceß und die Heilung als nur und gänzlich von ihr abhängig und bedingt darstellt, einer ausführlichern Betrachtung zu unterwerfen, da in der Gegenwart es vorzugsweise dieselben Fragen sind, in welchen die Chemie ein bedeutungsvolles Wort mitredet, und da man von ihr allein in gewissen Theilen dieses Gebiets eine befriedigende Antwort erwarten darf.

4. Zeitalter der phlogistischen Theorie.

Es ist früher gezeigt worden, daß mehre Tausende von Jahren vorübergehen mußten, um eine hinreichende Menge von chemischen Thatsachen mehr oder weniger zufällig festzustellen, bis endlich Einzelne, dieses chemische Wissen oder vielmehr Können in sich vereinigend, dasselbe zu dem bestimmten Zweck des Goldmachens in Ausübung brachten und somit das Zeitalter der Alchemie begründeten. Wir haben bemerkt, daß diese an sich erfolglosen Bemühungen doch den ungemein wichtigen Dienst leisteten, zerstreute chemische Kenntnisse zusammenzufassen, zu erhalten und weiter zu überliefern. Allein es erfoderte einen Zeitraum von abermals etwa tausend Jahren, um die Chemie aus den Händen der Alchemisten in die des gebildeten und angesehenen Standes der Aerzte übergehen zu lassen. Von dieser Zeit an sehen wir dann die Chemie in einem raschern Tempo ihrem jetzigen wissenschaftlichen Standpunkte entgegengehen. Sie vollbringt diesen Uebergang in zwei bis drei glücklichen Schritten, von welchen als erster die eben betrachtete Epoche der medicinischen Chemie etwa ein Jahrhundert erfüllt, und an welche das Zeitalter der phlogistischen Theorie von ziemlich gleicher Dauer, nämlich von 1625 bis gegen 1775, sich anreiht.

Indem wir in diese neue Periode eintreten, ist vor allem darauf hinzuweisen, wie die Entwickelung wissenschaftlicher Thätigkeit auch auf andern Gebieten sich zeigte, wodurch die chemischen Arbeiten und namentlich die geistige Richtung ihrer Pfleger mittelbar und unmittelbar wesentlich fördernder Einflüsse sich zu erfreuen hatten. Bedenken wir, daß der Eingang des vorliegenden Zeitalters mit den Todesjahren von Kepler, Galilei und Torricelli (1630—47) zusammenfällt. Die scharfsinnigen Arbeiten dieser unsterblichen Astronomen und Physiker mußten im Allgemeinen auf eine strengere und genauere Forschung in der Natur hinweisen. Ganz vorzüglich aber foderten hierzu auf die Schriften des gelehrten Großkanzlers von England, Francis Bacon von Verulam (gest. 1626), der schon damals die Beobachtung und den Versuch als diejenige Methode bezeichnete, die allein in den Erfahrungswissenschaften zu einem Erfolg, zu einer sichern Grundlage wissenschaftlicher Erkenntniß führen kann. Erst von dieser ausgehend, darf zur Generalisirung, zur Aufstellung von Gesetzen und Theorien geschritten werden. Bacon bildete hierdurch einen entschiedenen Gegensatz zur speculativen Methode der alten Philosophen, die, stets in allgemeinen Philosophemen sich bewegend, niemals auf den wahren Grund der Erscheinungen gelangten.

Freilich waren Länder und Personen damals nicht so leicht in Verkehr und Verbindung zu bringen wie heutzutage, und es erklärt sich hieraus, wie einzelne hervorragende Geister doch nicht die allgemeine Bewegung hervorrufen konnten, die von ihrer Bedeutung sich hätte erwarten lassen, und welche oft in späterer Zeit erst ihre volle Würdigung erfahren hat. Allein auch diesem Uebelstande der Isolirung wurde allmälig abgeholfen. Nachdem dies schon einestheils durch die Erfindung der Buchdruckerkunst geschehen war, erhoben sich allmälig gelehrte Körperschaften, die namentlich dadurch ungemein wichtige Dienste für alle Wissenschaften leisteten, daß sie die Arbeiten der Forscher damaliger Zeit in

regelmäßig erscheinenden Schriften der Oeffentlichkeit übergaben. So finden wir in Florenz im Jahre 1657 die Academia del Cimento (Akademie der Experimente), die königliche Gesellschaft (Royal society) in London, 1662, deren Denkschriften unter dem Titel „Philosophische Abhandlungen" (Philosophical transactions) herausgegeben wurden. Es folgte 1672 unter Kaiser Leopold die Academia Caesareo-Leopoldina. Im Jahre 1699 beginnen die „Mémoires de l'Académie des sciences" der unter Ludwig XIV. von Colbert gestifteten pariser Akademie. Im Jahre 1700 wurde die berliner Akademie auf Veranlassung von Leibniz, und 1725 die von Petersburg, 1728 die von Upsala, endlich 1742 die Akademie von Kopenhagen gegründet.

Auch in dem vorliegenden Zeitraume sind es wieder vorzugsweise ausgezeichnete Aerzte, welche dem Studium der Chemie sich widmen, obschon es namentlich in der spätern Hälfte desselben vorkommt, daß auch Physiker, Geistliche, Bergmänner, Privatgelehrte und Apotheker sich höchst erfolgreich mit dieser Wissenschaft befassen. Hieraus geht denn schon hervor, daß bei der jetzt vorangeschrittenen Bildung Personen so verschiedenen Standes nicht mehr wie früher alchemistische Absichten verfolgen konnten, sondern daß bereits ein wissenschaftlicher Zweck es ist, der den chemischen Erscheinungen in den Augen so Vieler ein lebendiges Interesse verleiht. Die Goldmacherei erscheint gänzlich in den Hintergrund gedrängt, von der bessern Einsicht widerlegt und in ihren betrügerischen Richtungen entlarvt.

Die Mediciner nehmen zur Chemie einen andern Standpunkt ein als den der frühern Periode. Sie haben sich überzeugt, daß die Lebensprocesse doch etwas Anderes sind als bloße Sättigungen von Laugen und Säuren, daß der Organismus nicht ohne weiteres als ein Laboratorium zu betrachten ist. Sie sind jedoch weit entfernt, die wichtigen Leistungen der Chemie für das Gebiet der Heilkunde zu ver-

kennen, sie schätzen und betreiben dieselbe als eine den Zwecken der Medicin unentbehrliche Hülfswissenschaft.

Was nun diesem Zeitalter seinen eigenen Charakter verleiht, ist das allmälige Hervortreten einer chemischen Theorie, des ersten Versuchs, eine große Reihe von untereinander zum Theil sehr verschiedenen Thatsachen unter einen allgemeinen Gesichtspunkt zu bringen, für alle die gemeinsame Ursache aufzufinden und festzustellen. Wir bemerkten zwar auch schon früher Spuren von theoretischen Ansichten, wie z. B. über die Zusammensetzung der Metalle. Allein dieselben bleiben auf einen zu kleinen Kreis beschränkt, sie erscheinen zu wenig durch Versuche unterstützt und durch wissenschaftlich gebildete Männer behauptet, als daß sie Anspruch auf große Bedeutung haben könnten. Es bedurfte natürlicherweise erst eines gewissen Reichthums von Thatsachen, um das Bedürfniß nach allgemeinen Gesetzen zu wecken und zu befriedigen.

Der Gegenstand, welcher nun vorzugsweise die Aufmerksamkeit der Chemiker beschäftigte und über welchen sie nach Aufschluß und Erklärung begierig sein mußten, war die Einwirkung der Wärme auf die verschiedenen Stoffe. Das Feuer war von jeher als eins der kosmischen bildenden Elemente angesehen worden; die chemischen Arbeiten der damaligen Zeiten wurden vorzugsweise durch Feuersmacht bewirkt. So erscheint es auch erklärlich, wie die theoretische Ansicht über die Verbrennung die erste auftauchende Idee aus dem Chaos der Thatsachen ist, und wie diese Frage es war, um welche als Angelpunkt der wissenschaftliche Streit von nahezu zwei Jahrhunderten sich drehte.

Man unterschied damals nach ihrem Verhalten gegen Feuer drei Hauptclassen von Körpern, nämlich: unverbrennliche, die von demselben keine Veränderung erleiden, wie z. B. die Erden; sodann die Metalle, welche unter dem Einflusse hoher Wärmegrade in erdartige Materien, damals Metallkalke (jetzt Metalloxyde) genannt, sich verwandeln, wie

Blei, Eisen, Kupfer, Zinn, Zink; und endlich die brennbaren Stoffe, welche durch Feuer gänzlich zerstört werden, wie die Pflanzenstoffe, besonders die Kohle, sodann den Schwefel, Arsenik und den damals neu entdeckten Phosphor. Ferner ward noch in den Kreis der speculativen Forschung die einflußreiche Thatsache gezogen, daß Metallkalke, wenn sie mit Kohle erhitzt werden, wieder in den metallischen Zustand übergehen, daß hier also ein dem Verbrennen entgegengesetzter Proceß stattfinden müsse. Und für diese Reihe von mannichfaltigen, in ihrem Auftreten sehr verschiedenen Thatsachen wurde nun versucht, einen allgemeinen Zusammenhang, gleichsam eine höhere Thatsache aufzufinden, deren Vorhandensein oder Abwesenheit in den verschiedenen chemischen Processen eben den Verlauf und die Erscheinungen derselben bedinge.

Es wäre leicht, gegenwärtig eine Anzahl gebildeter und denkender Männer aufzufinden, die jedoch von Chemie und namentlich von der jetzt geltenden Theorie so gut wie keinen Begriff haben, die also von vornherein keine theoretischen Vorurtheile an sich tragen. Es wäre auch nicht allzu schwierig, dieselben mit allen Thatsachen bekannt zu machen, welche dem Chemiker in der eben besprochenen Periode zu Gebote standen, und es könnte an diese nun die Aufgabe gestellt werden, eine erklärende Theorie zu suchen, ganz ähnlich wie wir häufig durch Auflösung von geometrischen und arithmetischen Problemen die Combinationsgabe der Schüler prüfen und üben.

Sehr zweifelhaft ist es jedoch, daß unter diesen Umständen alsbald eine Ansicht aufgestellt werde, welche so viel Wahrscheinlichkeit, so viel den Thatsachen Entsprechendes und der Erklärung Genügendes für sich habe, als dies mit der Theorie dieses Zeitalters der Fall war.

Zwei ausgezeichnete Aerzte, Becher und vornehmlich Stahl sind es, von welchen die phlogistische Theorie ausging und begründet wurde, deren Hauptgrundzüge in

Folgendem bestehen: Es existirt ein brennbarer Stoff, Phlogiston genannt, der in größerer oder geringerer Menge in den meisten Körpern enthalten ist, ihnen gewisse Eigenschaften verleiht und durch Hitze aus denselben entfernt werden kann, infolge dessen die Körper jene Eigenschaften verlieren. Setzt man jedoch ihres Phlogistons beraubten, daher dephlogistisirten Stoffen eine an Phlogiston reiche Materie hinzu, so nehmen diese letzteres wieder auf und erhalten ihre ursprünglichen Eigenschaften zurück. Die brennbaren Körper, wie Schwefel, Phosphor und insbesondere Kohle, bestehen fast ganz aus Phlogiston. Werden sie erhitzt, so verbrennen sie, und die Flamme ist das entweichende Phlogiston. Die Metalle enthalten eine geringe Menge von Phlogiston, das ihnen jedoch Glanz, Härte, Dehnbarkeit, überhaupt die metallischen Eigenschaften verleiht; werden sie erhitzt, so entweicht das Phlogiston: sie sind jetzt unmetallische, dephlogistisirte Stoffe, sogenannte Metallkalke. Werden diese mit Kohle, diesem phlogistonreichen Körper, zusammen erhitzt, so nehmen sie wieder die erfoderliche Menge von Phlogiston auf und erscheinen in ihrem metallischen Zustande. Endlich sind alle Erden unverbrennliche einfache Stoffe, die gar kein Phlogiston enthalten.

Dies sind die Grundzüge des phlogistischen Systems, mit dessen Begründung die alte Aristotelische Elementarlehre von Feuer, Wasser, Luft und Erde beseitigt erscheint, denn man versteht von nun an unter Element, wie auch heutzutage, einen unzerlegbaren Körper. Die Erden, die Metallkalke, die Säuren waren solche Elemente; die Metalle, Kohle, Schwefel und Phosphor waren Verbindungen derselben mit Phlogiston.

Allgemein war die Befriedigung über diese Erklärungsweise, wodurch die verschiedensten Thatsachen in folgerichtigem Zusammenhange erschienen. Von Deutschland aus verbreitete sich die Ansicht bald über die übrigen Länder und wurde die herrschende Ansicht und leitende Idee bei allen in diesem Zeitraume unternommenen chemischen Arbeiten.

Die unhaltbaren Seiten dieser phlogistischen Theorie, die bei dem jetzigen Stande der Kenntnisse dem ersten Anfänger leicht in die Augen springen, erschienen damals keineswegs so auf der flachen Hand liegend. Man konnte zwar das Phlogiston für sich nicht vorzeigen; allein man hatte Körper, wie Kohle, die doch fast reines Phlogiston waren. Außerdem war der für uns gewichtigste Umstand, — daß die Metalle, welche beim Erhitzen ihren Gehalt an Phlogiston verlieren, dabei an Gewicht zunehmen, während umgekehrt, wenn ihnen durch Kohle wieder Phlogiston mitgetheilt wird, dieselben leichter erscheinen: — diese wichtige Thatsache war damals theils unbekannt, theils unbeachtet.

Während wir die Stetigkeit des Gewichts eines gewissen Theils der Materie für die allgemeinste Grundeigenschaft halten, und die Ursache derselben, die gegenseitige Anziehung der Materie, die Schwere, zum Ausgangspunkt der ganzen Entwickelungsreihe chemischer Ansichten genommen haben (vergl. Seite 14), erschien zur Blütezeit der phlogistischen Theorie das Gewicht der Körper mehr als eine unwesentliche, zufällige Eigenschaft, etwa wie Farbe, Geruch u. dergl. m. Es war dies überhaupt die Periode der sogenannten qualitativen Methode, d. h. eine Zeit, wo man die chemischen Processe nur nach ihren äußern Erscheinungen studirte und beschrieb, wenig oder gar keine Rücksicht nehmend, ob und welche Aenderungen im Gewichte der chemisch sich verändernden Stoffe stattfinde. Von dem Zeitpunkte an, wo man das Gewicht in Betracht zog, beginnt die quantitative Methode: — die Chemie tritt in das Zeichen der Wage, und bereits früher haben wir die hohe Bedeutung dieses Schritts für die Wissenschaft hervorgehoben.

Wir wissen jetzt, daß ein Phlogiston nicht existirt; daß Metalle und brennbare Körper während des Verbrennens keineswegs einen Stoff verlieren, sondern Sauerstoff aufnehmen, daher an Gewicht zunehmen; daß umgekehrt verbrannte Körper, d. h. mit Sauerstoff verbundene Körper,

wie z. B. die Metalloxyde, den Sauerstoff an Kohle abgeben, wenn sie mit dieser erhitzt werden, und nun wieder in metallischem Zustande erscheinen.

In dem letzten Theile des phlogistischen Zeitalters, in welchem die Deutschen vorzugsweise als Träger der Chemie erschienen, erhielt diese doch werthvolle Bereicherungen durch Entdeckungen der Engländer Black, Cavendish und Priestley, sowie der Schweden Bergmann und Scheele, während die Leistungen der Franzosen im Hintergrunde erscheinen, um desto glänzender in der folgenden Periode hervorzutreten. Am einflußreichsten, als die phlogistische Theorie vernichtend, waren die Entdeckungen und genauern Untersuchungen der verschiedenen gasförmigen Körper, vor allen des Sauerstoffs, sodann der Kohlensäure, des Wasserstoffs, des Stickstoffs, des Stickstoffoxyds, der schwefeligen Säure, des Chlorwasserstoffgases und des Chlors. Zur organischen Chemie wurde der Grund gelegt durch die Entdeckung der verschiedenen organischen Säuren und des Zuckers in einheimischen Gewächsen. Ueberhaupt nahm die Entdeckung neuer Stoffe, die Geschicklichkeit im Experimentiren und die Beobachtungen jetzt in dem Maße zu, daß die quantitative Richtung der Untersuchungen, die Anerkennung der großen Bedeutung der Gewichtsverhältnisse bei chemischen Verbindungen sich Bahn brechen mußte. So sehen wir denn aus den letzten Arbeiten der Phlogistiker selbst die Thatsachen hervorgehen, welche den Umsturz ihrer Theorie herbeiführten.

5. Zeitalter der quantitativen Chemie.

Es ist eine gewöhnliche Thatsache, daß Anfänger in der chemischen Wissenschaft, denen jetzt schon nach kurzem Unterrichte die Lehre vom Sauerstoff und der wichtigen Rolle, die er spielt, sowie das Gesetz von den Gewichtsverhältnissen in chemischen Verbindungen so geläufig gemacht wird, wie dem

Kinde das Einmaleins — daß Solche mit dem Lächeln des Bedauerns die noch vor kaum funfzig Jahren in Herrschaft stehende Theorie des Phlogistons vortragen hören und die Beschränktheit Derjenigen unbegreiflich finden, welche eine so einfache und klare Sache wie die Verbrennung, Oxydation und Reduction so verkehrt aufzufassen und darzustellen vermochten. Wenn jedoch der Chemiker in dem Studium seines Fachs weiter voranschreitet, wenn er sich selbst mit Untersuchungen beschäftigt zur Lösung einer der schwierigen, unserer heutigen Chemie gestellten Aufgaben, wenn er es versucht, für eine Reihe dunkel und verworren erscheinender Thatsachen eine Theorie aufzustellen: so wird er in den meisten Fällen seine Unfähigkeit einsehen, anders zu experimentiren, zu denken, zu schließen, als es der üblichen Methode, dem wissenschaftlichen Standpunkte und Bewußtsein der Gegenwart entspricht. Er wird sich demnach ganz in der Lage der Phlogistiker der frühern Zeit befinden, und wird ihnen die gebührende Anerkennung nicht versagen.

Es drängt sich hier überhaupt die Frage nach dem Nutzen der Theorie in der Wissenschaft auf, da leicht auf den Nachtheil hinzuweisen ist, den die Befangenheit in einer irrigen Theorie auf die Arbeit und Richtung ganzer Jahrhunderte ausüben kann.

Wenn unter Theorie nichts Anderes zu verstehen ist als der Ausdruck des causalen Verhältnisses zwischen verschiedenen Thatsachen und der Erklärung seines Grundes, so kommt es vor allem darauf an, ob die betreffenden Thatsachen richtig beobachtet sind und ob das Allen Gemeinschaftliche darin nothwendig oder zufällig ist. Theorien sind dann verwerflich und nachtheilig, sobald sie von unrichtig beobachteten, erdichteten oder ganz willkürlich angenommenen Thatsachen ausgehen, oder wenn der Zusammenhang, in den sie durch die Theorie gebracht erscheinen, auf ganz einseitigen oder zufälligen Umständen beruht, denen die Bedeutung einer entscheidenden Hauptsache eingeräumt worden ist.

So beruhten die naturphilosophischen Systeme, sowol der alten griechischen als auch der neuern speculativen Philosophen, mehr oder weniger auf willkürlich angenommener Grundlage, während die phlogistische Theorie das Verdienst für sich hat, den Zusammenhang zwischen einer Reihe von Thatsachen zu erkennen und festzustellen, wie er jetzt noch in voller Anerkennung steht. Wenn die Phlogistiker weniger glücklich in der Erklärung des Grundes dieses Zusammenhangs waren: so beruht dies eben darauf, daß damals alle Untersuchungsmethode eine qualitative, nur auf das Aeußere der Erscheinung gehende Richtung hatte; daß erst eine Reihe von neu entdeckten Thatsachen vorangehen mußte, bevor die quantitative, auf die Gewichtsverhältnisse in chemischen Processen gerichtete Methode sich Bahn brechen konnte.

Die Fortschritte in der Chemie sind weniger durch diejenigen Chemiker zu bezeichnen, welche diese Wissenschaft durch zahlreiche Entdeckungen neuer Stoffe und Verbindungen bereicherten, wie z. B. Priestley und Scheele, sondern vielmehr durch Diejenigen, welche eine neue Methode der Untersuchung und Betrachtung in den chemischen Verhältnissen einführten.

So war es denn Lavoisier (geb. 1743 zu Paris), der, indem er den Ausspruch der Wage als entscheidende Stimme durchgehend in alle chemischen Arbeiten einführte und befolgte, neue Ansichten über den Verlauf der chemischen Processe aufstellte, die sich bald allgemein verbreiteten und angenommen wurden. Es ist von Interesse, den ersten entscheidenden Versuch, welcher zur richtigen Erkennung der Verbrennung und Verkalkung (Oxydation) leitete, hier anzuführen. Lavoisier brachte eine abgewogene Menge von Zinn in ein Glasgefäß, das luftdicht verschlossen und sammt seinem Inhalte genau gewogen wurde. Das Zinn ward alsdann durch Erhitzen zum Schmelzen gebracht, wobei sich auf dessen Oberfläche eine graue Haut von Zinnkalk (Zinnoxyd) bildete. Nach dem Erkalten des Apparats zeigte es sich, daß sein Gewicht ganz unverändert geblieben war. Beim Oeff-

nen desselben wurde jedoch wahrgenommen, daß Luft von außen in denselben eindrang, und daß sein Gewicht hierdurch zunahm. Es zeigte sich ferner, daß das verkalkte Zinn an Gewicht gerade so viel zugenommen hatte, als das Gewicht der eingedrungenen Luft betrug.

Lavoisier schloß hieraus, daß bei der Verkalkung die Metalle Luft aufnehmen und sich mit derselben verbinden. Die gleichzeitige Entdeckung des Sauerstoffs durch Priestley führte nun alsbald zur Erkenntniß, daß dieser Körper es ist, der die Verkalkung bewirkt. Fortgesetzte Untersuchungen über die Verbrennungsproducte der Kohle, des Schwefels und Phosphors überzeugten endlich Lavoisier, daß auch die dabei entstehenden Säuren Verbindungen jener Körper mit demselben Stoffe seien, dem er daher den Namen Oxygen, d. i. Sauerstoff, ertheilte, indem er gleichzeitig eine neue Benennungsweise vorschlug, sodaß von nun an die Metallkalke den Namen der Metalloxyde erhielten.

Obgleich der Glanzpunkt der zahlreichen und fruchtbaren Arbeiten Lavoisier's mit der Schreckenszeit der Französischen Revolution zusammenfiel, obgleich Lavoisier selbst im Jahre 1794 dem Henkerbeile als ewig bedauernswerthes Opfer erlag — wobei der verurtheilende Ausspruch des Gerichtspräsidenten: „Nous n'avons plus besoin des savants", die Roheit des zur Herrschaft gelangten Pöbels für alle Zeiten ebenso treffend als warnend bezeichnet —, so war hiermit doch keineswegs der Chemie in Frankreich der Lebensnerv durchschnitten. Das Beispiel der Arbeiten Lavoisier's, seine zahlreichen vortrefflichen Schriften und der Ruhm, den seine Leistungen in der ganzen wissenschaftlichen Welt verbreiteten, brachten eine mächtige Wirkung auf die Zeitgenossen hervor; und wenn die blutige Republick auch nicht nach Gelehrten als solchen fragte, so sah sie sich doch alsbald in die Nothwendigkeit versetzt, nach Männern zu fragen, die Auskunft zu ertheilen im Stande waren über Fabrikation von Salpeter und Schießpulver, sowie überhaupt

von vielen unentbehrlichen Kriegs- und Lebensbedürfnissen des nach allen Seiten isolirten und ringsum bedrohten Staats. So kamen denn bald nach Lavoisier's Tode die Chemiker Frankreichs zu hohen Ehren, und gegen Ende des 18. Jahrhunderts und im Anfange des folgenden sehen wir Fourcroy als Staatsrath und Generaldirector des öffentlichen Unterrichts erhoben, Guyton de Morveau zum Director der Polytechnischen Schule und Baron ernannt, Berthollet durch Ehrenstellen und den Grafentitel ausgezeichnet — sämmtlich hervorragende Chemiker, die überdies Mitglieder der pariser Akademie der Wissenschaften und mit dem Orden der Ehrenlegion geschmückt waren.

Der Einfluß, welchen in Frankreich die Chemiker in hohen Stellungen auf das Unterrichtswesen hatten und, beiläufig gesagt, durch Baron Thénard, Gay-Lussac und Dumas bis in die neueste Zeit fortwährend ausübten, war natürlich von ungemein großem Einflusse; und es erklärt sich hieraus die vorzugsweise mathematisch-naturwissenschaftliche Richtung der Bewegung aller Wissenschaft in diesem Lande, sowie die ausgezeichneten Leistungen des hauptsächlich in diesem Sinne begründeten Instituts der Polytechnischen Schule.

Nachdem einmal die Bedeutung der Wage so erfolgreich festgestellt war, führte ihre vervielfachte Anwendung rasch nacheinander zu den wichtigsten chemischen Gesetzen. Aus dem zuerst bestätigten Satze: daß das Gewicht einer jeden chemischen Verbindung gleich der Summe der Gewichte ihrer Bestandtheile ist, daß also bei keinem chemischen Processe je etwas Neues entstehen oder etwas Vorhandenes vergehen kann, sondern Ab- und Zunahme des Gewichts nur von Ausscheidung oder Aufnahme irgendeines wägbaren Stoffs bedingt wird — trat alsbald das Gesetz an den Tag, daß die Bestandtheile einer chemischen Verbindung unabänderlich in bestimmtem Gewichtsverhältnisse miteinander sich vereinigen, daß also, wie Seite 37 gezeigt wurde, z. B. in neun

Pfund Wasser stets ein Pfund Wasserstoff und acht Pfund Sauerstoff enthalten sind.

Hieran reihte sich zunächst das Gesetz von den chemischen Aequivalenten, wonach die einfachen Stoffe untereinander nicht nur in bestimmten feststehenden Gewichtsverhältnissen sich verbinden, sondern auch gegenseitig sich vertreten, sowie daß die gasförmigen Körper in bestimmten, sehr einfachen Raumverhältnissen sich vereinigen. Auf speculativem Wege wurde sodann aus den vorstehenden Gesetzen durch den Engländer Dalton die Theorie der chemischen Atome entwickelt.

Als eine neue chemische Methode wird die zersetzende Wirkung der Elektricität auf chemische Verbindungen eingeführt und durch dieselbe die wichtige Entdeckung der leichten Metalle im Kali und Natron bewerkstelligt. Die innige Beziehung, welche seitdem zwischen Chemismus und Elektricität sich mehr und mehr herausgestellt hat, macht es nothwendig, dieselbe hier weiter auszuführen.

Wir erinnern daran, daß ein Stückchen Siegellack, sobald es auf Wolle gerieben wird, elektrische Eigenschaften annimmt. Diese geben sich darin zu erkennen, daß jenes Siegellack leichte Körperchen anzieht. Glas mit Seide gerieben zeigt ein ähnliches Verhalten, und man hat Apparate construirt, sogenannte Elektrisirmaschinen, welche Elektricität in solcher Menge hervorrufen, daß lebhafte elektrische Funken und erschütternde Schläge als ziemlich bekannte Erscheinungen auftreten. Es ist jedoch nicht die also hervorgebrachte, sogenannte Reibungselektricität, welche uns hier vorzugsweise interessirt, sondern die eigenthümliche Art von Elektricität, die entsteht, wenn verschiedene Körper miteinander in Berührung gebracht werden, daher sie auch Berührungselektricität — oder nach ihrem Entdecker, Galvanismus genannt wird. Diese beiden Arten der Elektricität stimmen zwar in ihren wesentlichsten Eigenschaften überein und lassen sich insofern von gemeinschaftlichem Ge-

sichtspunkte aus betrachten. Andererseits bieten sie jedoch mehrfache Unterschiede dar, die insbesondere in ihrem Verhalten zu chemischen Verbindungen hervortreten.

Das einfachste und älteste Verfahren zur Hervorrufung der Berührungselektricität besteht darin, daß man eine Anzahl von Platten aus zwei verschiedenen Metallen, z. B. Kupfer und Zink abwechselnd aufeinanderschichtet. Je eine Kupferplatte bildet mit der auf ihr liegenden Zinkplatte ein Paar und wird von dem folgenden Paar durch eine eingeschaltete Scheibe von feuchter Pappe getrennt (Fig. 22). Man baut auf diese Weise eine Säule von 30 — 50 Paaren, welche demnach die folgende Anordnung zeigt: Kupfer, Zink, Pappe — Kupfer, Zink, Pappe u. s. w. An der untersten Kupferplatte ist ein Kupferdraht angelöthet und ebenso an der obersten Zinkplatte (Fig. 23).

Fig. 22.

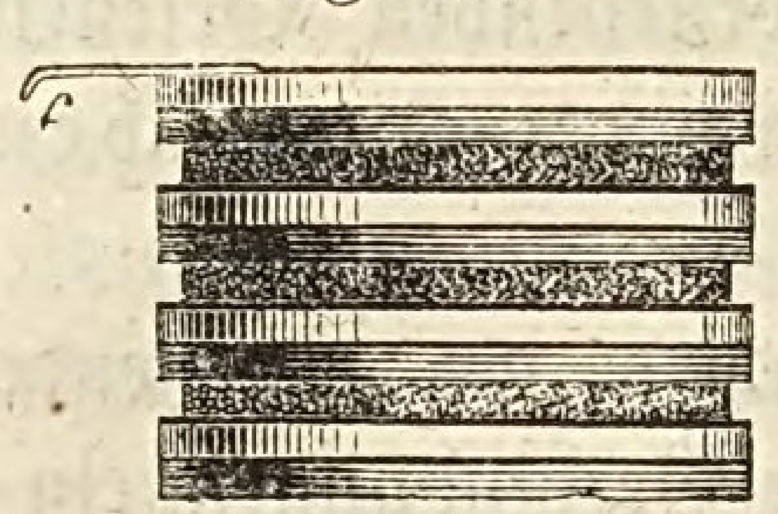
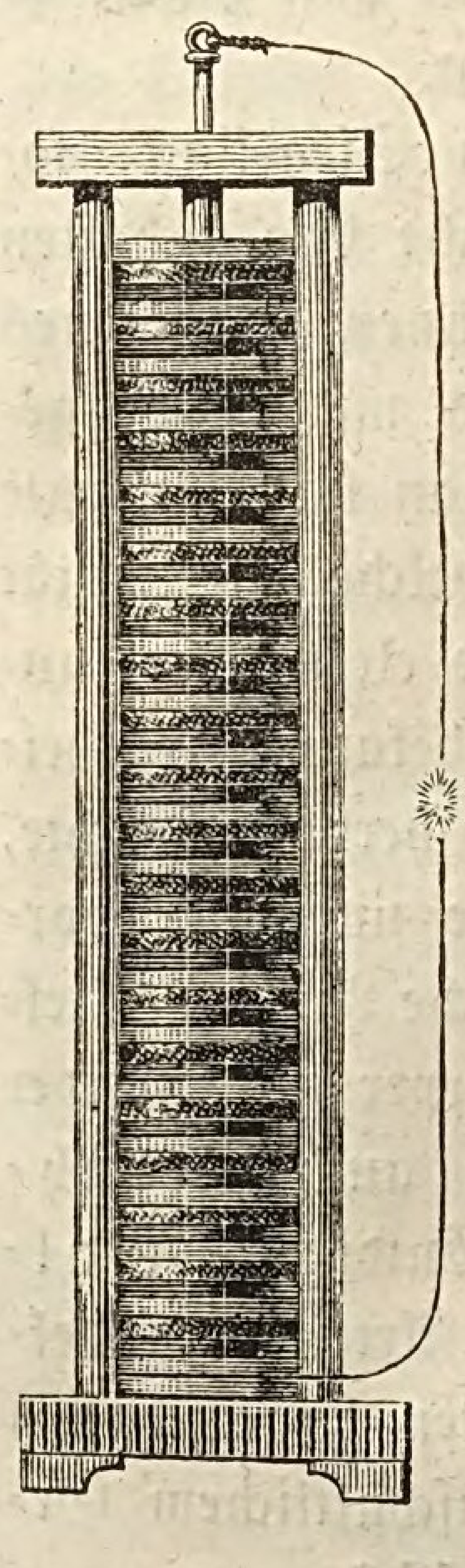


Fig. 23.



In jedem dieser Plattenpaare entsteht nun durch die bloße Berührung der ungleichen Metalle eine Erregung von Elektricität, und zwar so, daß eine jede Kupferplatte negative Elektricität und jede Zinkplatte positive Elektricität annimmt. An den Endpunkten der angelötheten Drähte, welche die Pole der Säule genannt werden, erscheinen die Summen der in den einzelnen Paaren entstandenen Elektricitäten angehäuft, und durch mehre recht auffallende Erscheinungen kann man sich von der Anwesenheit derselben überzeugen. Berührt man z. B. die Poldrähte mit feuchten Fingern, so empfindet man in den Gelenken derselben eine eigenthümliche zuckende

Erschütterung — bringt man beide Pole einander ganz nahe, so sieht man zwischen denselben kleine Funken überspringen. Die Stärke dieser Erscheinungen steht im Verhältniß zur Größe und Anzahl der Plattenpaare der Säule.

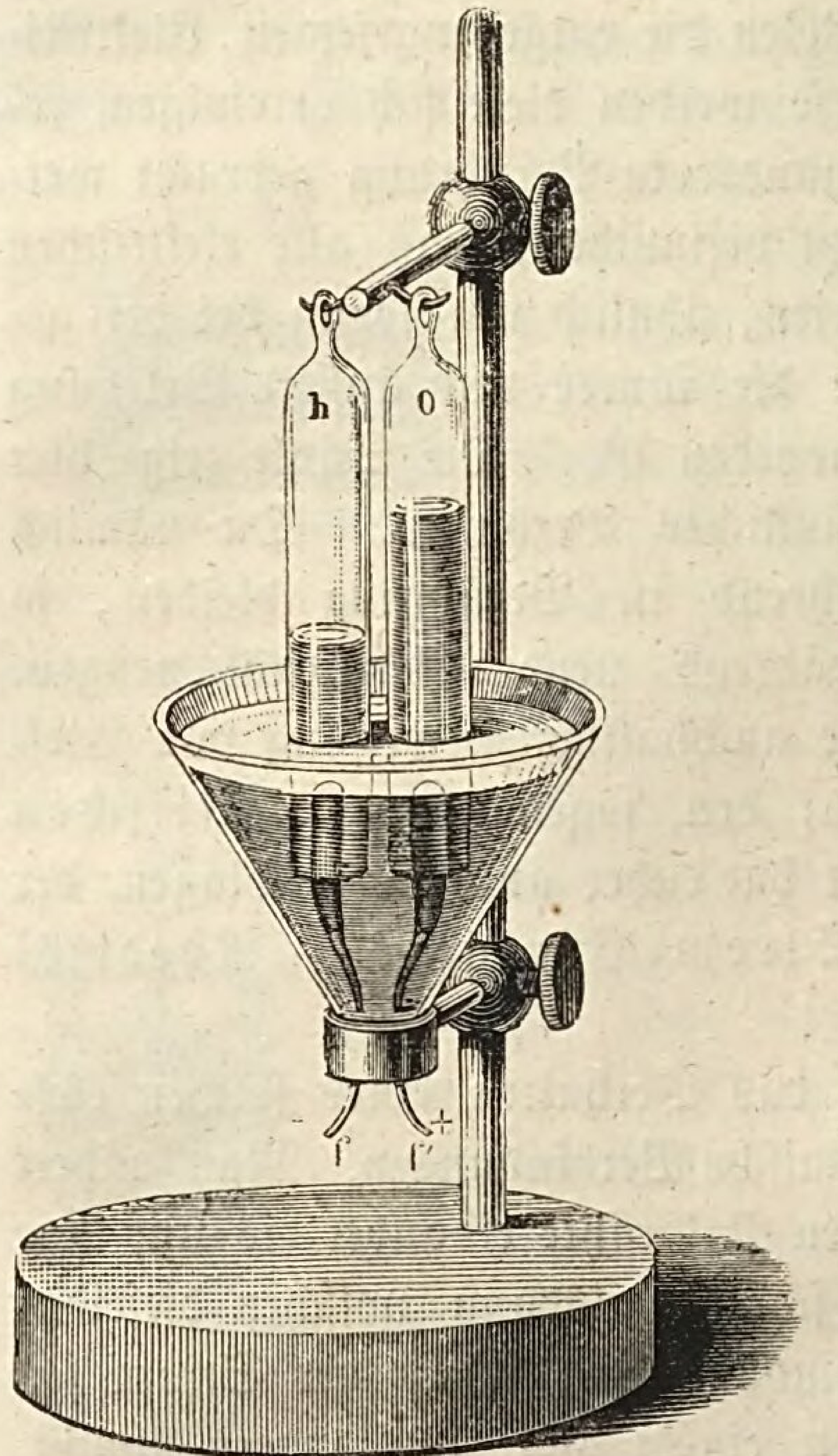
Da an den beiden Polen die entgegengesetzten Elektricitäten angesammelt sind, so werden diese sich vereinigen, sobald die Poldrähte miteinander in Berührung gebracht werden, und man sollte jetzt vermuthen, daß alle elektrischen Erscheinungen beendigt seien, ähnlich wie wenn bei der geladenen Leydener Flasche die innere und äußere Belegung in Verbindung gebracht worden ist. Die Säule zeigt hier jedoch ein ganz eigenthümliches Verhalten. Da nämlich die Plattenpaare fortwährend in Berührung bleiben, so erzeugen dieselben fortwährend neue Elektricitätsmengen, welche weiter geleitet eine nachhaltige Bewegung von Elektricität nach den Polen, den sogenannten elektrischen Strom bewirken. Man hat daher auch vorgeschlagen, der Säule den Namen des Strom-Erregers — Rheomotor — zu ertheilen.

Untersuchen wir nun das Verhalten eines solchen elektrischen Stroms gegen chemische Verbindungen. Man nähert zu diesem Zwecke die beiden Poldrähte einander bis auf eine geringe Entfernung und schaltet alsdann zwischen dieselben irgendeine chemische Verbindung ein, sodaß der Strom seinen Weg durch diese von einem Pol zum andern nimmt. Die Erfahrung lehrt, daß bei Anwendung hinreichend starker elektrischer Säulen alle chemischen Verbindungen in ihre Bestandtheile zerlegt werden. Eine Ausnahme hiervon machen nur einige wenige Körper, welche die Elektricität überhaupt nicht fortleiten, wie z. B. Alkohol und Oel.

Bemerkenswerth ist hierbei ferner, daß der eine Bestandtheil der zersetzten Verbindung von dem positiven Pol und der andere von dem negativen angezogen und an demselben angesammelt wird. Wenden wir das Gesagte auf ein Beispiel und zwar auf das Wasser an, mit dessen Analyse

und Zusammensetzung wir uns im frühern Abschnitte, Seite 31 fg., so ausführlich beschäftigt haben.

Fig. 24.

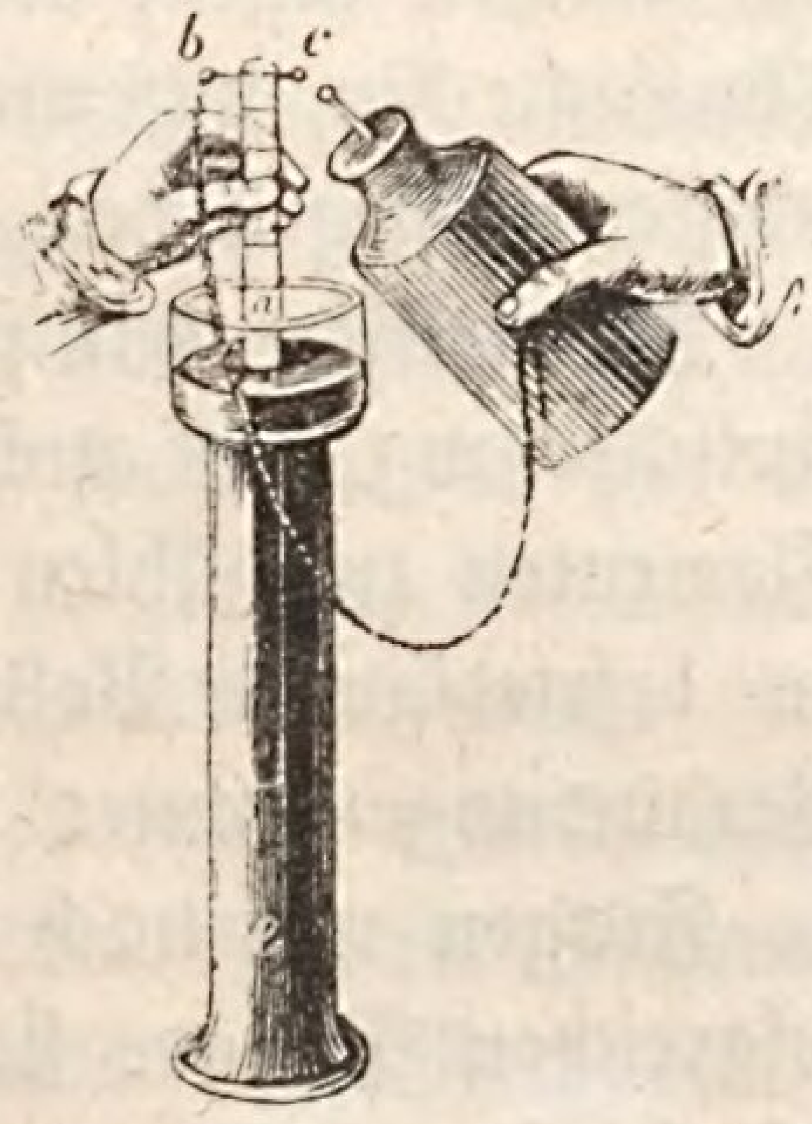


In einem trichterförmigen Gefäße (Fig. 24) erblickt man zwei kleine Glasglocken, h und o, die mit Wasser gefüllt und an dem passenden Gestelle aufgehängt werden. In die unter Wasser getauchten Oeffnungen derselben reichen zwei dünne Platinblättchen, die an Drähte gelöthet sind, welche durch den Boden des Gefäßes gehen und mit einer elektrischen Säule in Verbindung stehen, sodaß das eine Blättchen f′ den positiven Pol, das andere f den negativen Pol bildet. Da der untere Theil dieser leitenden Drähte sorgfältig mit Harz überzogen ist, so muß der elektrische Strom, indem er von dem einen Platinblättchen zum andern wandert, nothwendig seinen Weg durch das Wasser nehmen, und dieses wird dabei zersetzt. Man sieht alsbald von den beiden Polen eine Menge Luftbläschen in die Höhe steigen und in jenen Glöckchen sich ansammeln. Immer erscheint das Sauerstoffgas an dem positiven — das Wasserstoffgas an dem negativen Pol. Dem Raume nach erhält man noch einmal soviel Wasserstoff- als Sauerstoffgas; dem Gewichte nach findet man beide Gase in dem-

selben Verhältnisse, in welchem dieselben, wie früher gezeigt wurde, im Wasser enthalten sind, nämlich neun Gewichtstheile Sauerstoff auf ein Gewichtstheil Wasserstoff. Also auch dieser Versuch bestätigt die Zusammensetzung des Wassers.

Man kann jedoch noch den synthetischen Beweis hinzufügen, indem man beide durch den elektrischen Strom gelieferte Gase zusammen über Quecksilber in eine Glasröhre bringt, an deren oberm Ende zwei Drähte so eingeschmolzen sind, daß sie nur eine Linie weit voneinander abstehen.

Fig. 25.



Läßt man nun, wie Fig. 25 zeigt, einen elektrischen Funken durch das Gasgemenge schlagen, so entzündet sich dasselbe, indem Wasserstoff und Sauerstoff miteinander zu Wasser sich verbinden, von dem man nachher einige Tropfen an der Wand der Glasröhre hängend wahrnimmt. Zur Vermeidung von Misverständnissen ist zu bemerken, daß in diesem Falle der elektrische Funke nur insofern wirkt, als er die Gase entzündet. Jeder andere Funke leistet denselben Dienst. Wenn man z. B. jene Glasröhre durch eine von außen daran gehaltene glühende Kohle hinreichend erhitzt, so verbinden sich die Gase ebenfalls. Man zieht den elektrischen Funken zu diesem Experimente nur deshalb vor, weil er am bequemsten dem Zwecke dient.

In der Thatsache, daß die einfachen Stoffe, sowie chemische Verbindungen stets von bestimmten Polen der Säule angezogen werden, glaubte Berzelius den Schlüssel zur Erklärung der chemischen Verwandtschaft finden zu müssen. Es wird z. B. der Wasserstoff aus allen seinen Verbindungen consequent nur am negativen Pol ausgeschieden — der Sauerstoff aus allen seinen Verbindungen mit den Metallen stets am positiven Pol. Werden Salze, die nach Seite 107

aus Säuren und Basen bestehen, der zersetzenden Einwirkung des Stroms ausgesetzt, so erscheint die Säure immer am positiven, die Basis am negativen Pol. Es entwickelte sich aus diesen Thatsachen die elektro-chemische Theorie, nach welcher die Atome der einfachen Körper in ungleichem Grade mit den entgegengesetzten Elektricitäten behaftet sind, infolge dessen sie sich gegenseitig anziehen und oft unter Licht- und Wärmeentwickelung miteinander verbinden. Von den mehrfachen Einwänden, die gegen diese Theorie sich machen lassen, deuten wir nur auf die bereits angeführte Thatsache hin, daß manche chemische Verbindungen sich ganz indifferent gegen den elektrischen Strom verhalten.

In dieselbe Zeit fällt zugleich nach längerm Streite die Entscheidung, daß auch das Chlor den einfachen Stoffen oder Elementen zuzuzählen sei, und es erhielt deren Reihe von da an befriedigende Vollständigkeit, sodaß nun alle chemischen Verbindungen unter gleichem Gesichtspunkte sich darstellen.

Fragen wir nach den Namen Derer, die an dieser erfolgreichen Periode sich vorzugsweise betheiligten, so finden wir in Frankreich, außer den oben bereits genannten, noch Berthollet, Vauquelin, Gay-Lussac und Thénard, in England Davy und Dalton und in Schweden Berzelius hervorzuheben.

Auffallend ist es, wie wenig Deutschland in dem eben geschilderten Zeitraume durch hervorragende Chemiker vertreten erscheint. Wenn auch in diesem Lande nicht wenige verdienstvolle Arbeiten anzuführen sind, worunter namentlich Klaproth als ausgezeichneter Analytiker, Richter durch vortreffliche Arbeiten über die Gewichtsverhältnisse der chemischen Verbindungen bekannt ist, so tritt doch im Ganzen die Bedeutung des hier Geleisteten gegen die von Frankreich ausgegangene Richtung zurück. Begründet mag diese Erscheinung theils darin sein, daß in Deutschland, dem Vaterlande der phlogistischen Theorie, diese noch länger in Ansehen sich erhielt und so das rasche Ergreifen der erfolg-

reichen antiphlogistischen Chemie erschwerte; anderntheils aber war es unstreitig eine mächtige und eigenthümliche geistige Bewegung, die in jener Zeit, in alle Wissenschaften eindringend und auf ihre Richtung mehr oder weniger Einfluß ausübend, den Naturwissenschaften überhaupt sich keineswegs günstig erwies — nämlich die Kant'sche Philosophie und ihre Nachfolger. Indem wir weiter unten das Verhältniß der neuern Philosophie zur Chemie einer nähern Betrachtung unterwerfen, werden wir diesen Ausspruch zu rechtfertigen suchen.

Von dem geschichtlichen Faden geleitet, sind wir endlich bis zur Chemie der Gegenwart gelangt, bis zu der Periode, wo die belebenden Genien der Wissenschaft zugleich die noch lebenden sind; und freuen dürfen wir uns, gerade hier unsere Landsleute wieder in erster Linie zu finden, sie auf dem Höhepunkte der Wissenschaft voranleuchtend zu sehen.

Wenn jedes der vorangehenden Zeitalter das Gepräge eines bestimmten Charakters trägt, wie den der Alchemie, der phlogistischen Theorie, der quantitativen Methode: so liegt die Frage nahe, ob und welcher eigenthümliche Charakter der Chemie der Gegenwart zugeschrieben werden könne. Diese Frage wird erst die Zukunft zu beantworten vermögen; denn wenn wir auch einzelne Züge aus der heutigen Physiognomie unserer Wissenschaft zu skizziren im Stande sind, so kann doch die Zukunft erst den hervorstechenden Zug erkennen. Unstreitig bleibt das quantitative Verfahren ein character indelibilis, eine stehende Methode für alle künftige Forschung.

Als eine der Eigenthümlichkeiten der neuesten Chemie ist ihre vollständige Abzweigung von den verwandten Wissenschaften, und innerhalb der Chemie selbst die eintretende Theilung der Arbeit, sehr entsprechend der neuen industriellen Methode, anzuführen. Während auf den Hochschulen noch im ersten Viertel dieses Jahrhunderts die Chemie irgendeinem andern Lehrstuhle, in der Regel der Medicin, sodann

der Physik oder Mineralogie beigesellt erscheint, sind seitdem überall eigene Professuren der Chemie errichtet worden; ja, der eben angeführten Theilung der Arbeit entsprechend, an manchen Orten mehre Stellen für theoretische Chemie, analytische, physiologische, pharmaceutische und technische Chemie.

Mit den vermehrten Hülfsmitteln der Chemie wachsen zugleich die Schwierigkeiten der ihr vorliegenden Probleme. Denn Aufgaben, deren Lösung, und zwar in höchst unvollkommener Weise vollzogen, noch vor funfzig Jahren einem Chemiker den ersten Rang unter seinen Zeitgenossen erwerben konnte, z. B. die Analyse eines Mineralwassers oder einer organischen Verbindung, sind Operationen, deren Ausführung jetzt von jedem wissenschaftlichen Chemiker mit einer gewissen Leichtigkeit und ganzer Sicherheit vorausgesetzt wird. Was daher den Untersuchungen gleichsam mehr an der Oberfläche des Gebiets dargeboten ist, wurde alsbald nach allen Richtungen durchforscht und bloßgelegt, und eine erstaunliche Vermehrung von Thatsachen in das System der Chemie neu eingereiht. Das tiefere Eindringen dagegen in einer bestimmten Richtung erfodert auch ein besonderes Verweilen in derselben; und so finden wir in der neuern Zeit die meisten Chemiker mehr oder weniger eine einseitige Richtung einschlagend, ihre ganze Kraft auf diese vereinigend, und so zu Erfolgen gelangend, welche der ganzen Wissenschaft wesentlich förderlich sind. Denn der mineralogische, der organische Analytiker, der technische und physiologische Chemiker, Alle arbeiten bei verschiedener Richtung doch nur nach einem Ziele, dessen bewußt zu sein eben der Vorzug der gegenwärtigen Chemie ist.

Es ist nicht unwahrscheinlich, daß unsere jetzige Periode von der Nachwelt als das Zeitalter der organischen Chemie charakterisirt wird, weil in ihr das organische Gebiet — nicht zum ersten male überhaupt — allein zum ersten male mit Aussicht auf Erfolg in Angriff genommen erscheint.

Denn der lebendige Organismus, sowol der Pflanzen- als Thierkörper, mit seinem Keimen und Wachsen, seiner Ernährung und Vermehrung, seinem Entstehen und Vergehen, war schon seit dem Anfange aller Naturbetrachtung ein wiederholt aufgestelltes Räthsel. Wir fanden die Aristotelischen Elemente von Feuer, Wasser, Luft und Erde auch auf den organisirten Körper ausgedehnt. Die Alchemisten durchwühlten seine innersten Eingeweide; ja eine Richtung derselben arbeitete ernstlich an der Erzeugung des homunculus, indem man hoffte einen lebendigen Körper aus der Retorte hervorgehen zu sehen. Die medicinischen Chemiker des 16. Jahrhunderts componirten das Organische aus Schwefel, Salz und Quecksilber, oder aus Lauge und Säure, die Phlogistiker aus erdigen oder salzigen Theilen, Wasser und Phlogiston. Kaum aber waren durch ihre Nachfolger Sauerstoff und Wasserstoff und gewisse Beziehungen desselben zum Organismus entdeckt worden, als auch schon Einige sich bereit fanden, alle regelmäßigen und regelwidrigen Erscheinungen des Organismus auf Rechnung des zu viel oder zu wenig vorhandenen Sauerstoffs oder Wasserstoffs zu setzen.

Lavoisier erwarb sich das Verdienst, zu zeigen, daß die organischen Körper eine sehr einfache und übereinstimmende elementare Constitution haben. Obgleich aber von ihm selbst und später von Gay-Lussac und Thénard, sowie von Berzelius ein im Princip noch jetzt übliches Verfahren zur Analyse der organischen Verbindungen eingeschlagen wurde, das zu annähernd richtigen Resultaten führte: so gebührt doch unserm Landsmanne Liebig das Verdienst, die Analyse organischer Körper zu einer Operation von solcher Sicherheit und Leichtigkeit in der Ausführung ausgebildet zu haben, daß von diesem Zeitpunkte an die Geschichte der wissenschaftlichen organischen Chemie recht eigentlich zu datiren ist. Seitdem bestätigten ganze Reihen von Versuchen, daß die mannichfachen organischen Stoffe nur aus drei bis vier Elementen bestehen, nämlich aus

Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, welchen in einigen Körpern noch Schwefel beigesellt ist.

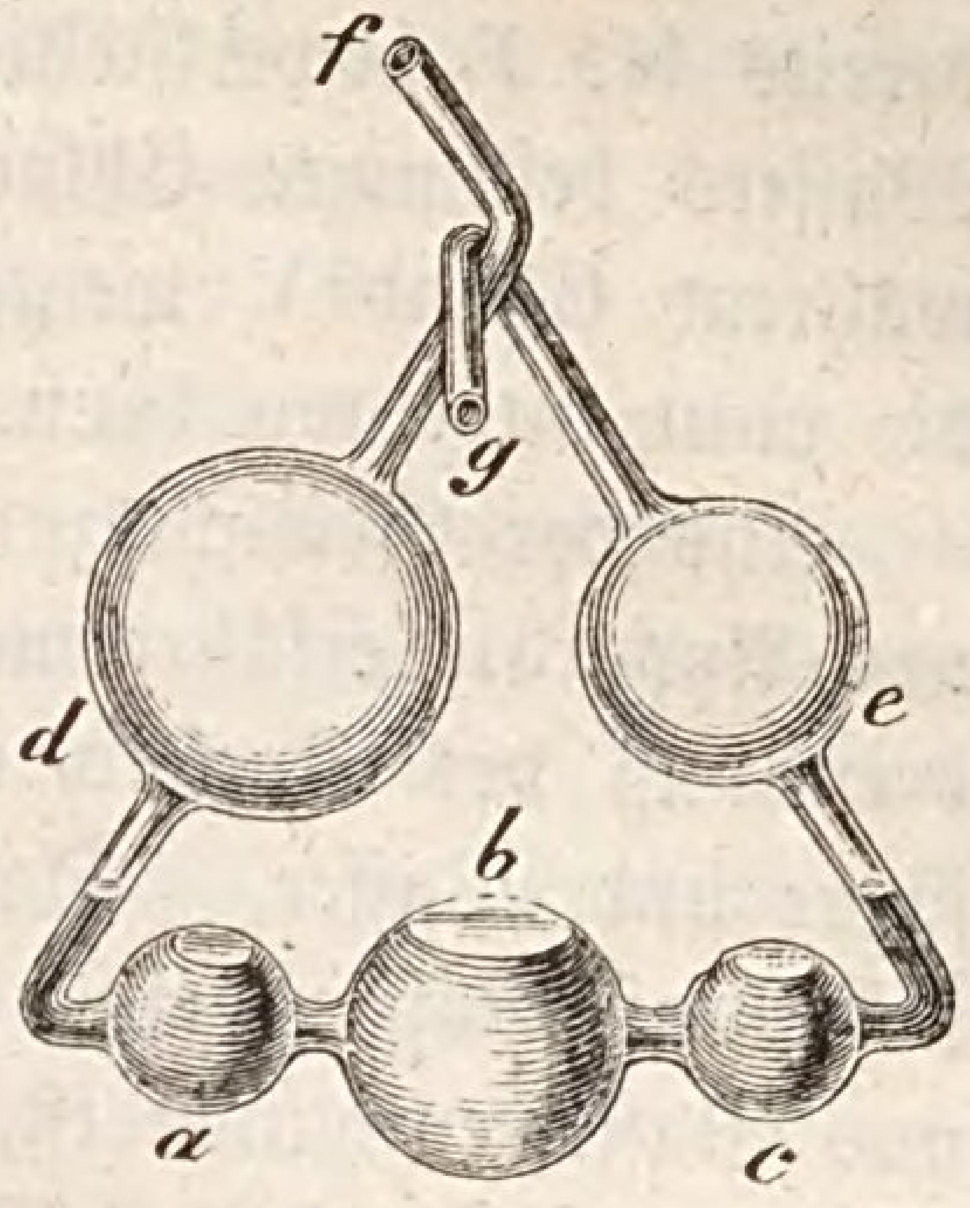
Wir haben Seite 31 und 166 das Beispiel der Analyse einer unorganischen Verbindung, nämlich des Wassers mitgetheilt. Bei der hohen Bedeutung, welche die organische Chemie gegenwärtig hat, und der großen Betheiligung der vaterländischen Chemiker an derselben, erscheint es von Interesse, auch auf eine nähere Beschreibung des Verfahrens einzugehen, wodurch es möglich wird, die elementaren Stoffe organischer Verbindungen, wie z. B. des Zuckers, der Stärke, der Holzfaser, des Weingeistes, des Fettes, der Essigsäure, Citronensäure, des Chinins, Morphins, des Eiweißes u. dergl. kennen zu lernen.

Erinnern wir uns der auch dem Nichtchemiker bekannten Thatsache, daß die genannten Stoffe vollständig verbrennbar sind, ferner daß die Verbrennung der Vorgang einer Vereinigung mit Sauerstoff ist, in deren Folge flüchtige sauerstoffhaltige Verbindungen entstehen: so ist hierin das Princip der organischen Analyse gegeben.

Das Verfahren ist folgendes. Reiner Zucker, der als Beispiel dienen soll, besteht aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Eine genau gewogene Menge desselben wird mit vielem Kupferoxyd innig gemengt in eine Glasröhre (Fig. 28) gebracht und bis zum Glühen erhitzt. Das Kupferoxyd besteht aus Kupfer und Sauerstoff. Beim Erhitzen jenes Gemenges verbindet sich der Sauerstoff des Kupferoxyds mit dem Kohlenstoff des Zuckers zu Kohlensäure, und mit dem Wasserstoff desselben zu Wasser. Von diesen beiden flüchtigen Producten (den einzigen, welche bei dieser Verbrennungsmethode entstehen) wird das Wasser in einer kleinen, mit Chlorcalcium gefüllten Röhre (Fig. 27 A) aufgefangen, und die Kohlensäure an Kalilauge gebunden, welche sich in einem von Liebig äußerst sinnreich ausgedachten Apparate befindet.

Wir sehen in Fig. 26 eine Abbildung desselben, etwa in

Fig. 26.



der Hälfte seiner wirklichen Größe, und man kann in der That diesen Liebig'schen *Kaliapparat* als das Symbol der organischen Chemie setzen. Derselbe besteht aus einer triangelförmig gebogenen Glasröhre, die an mehren Stellen kugelförmig erweitert ist. Es wird hierdurch bezweckt, daß die zuerst in die Kugel a eintretende Kohlensäure unter einem gewissen Druck nach und nach die Kugeln b, c passiren muß, die theilweise mit Kalilauge gefüllt sind, sodaß eine vollkommene Absorbirung der Kohlensäure stattfinden muß. In der folgenden Fig. 27 ist eine Aufstellung des ganzen Apparats, wie er zur Ausführung der organi-

Fig. 27.

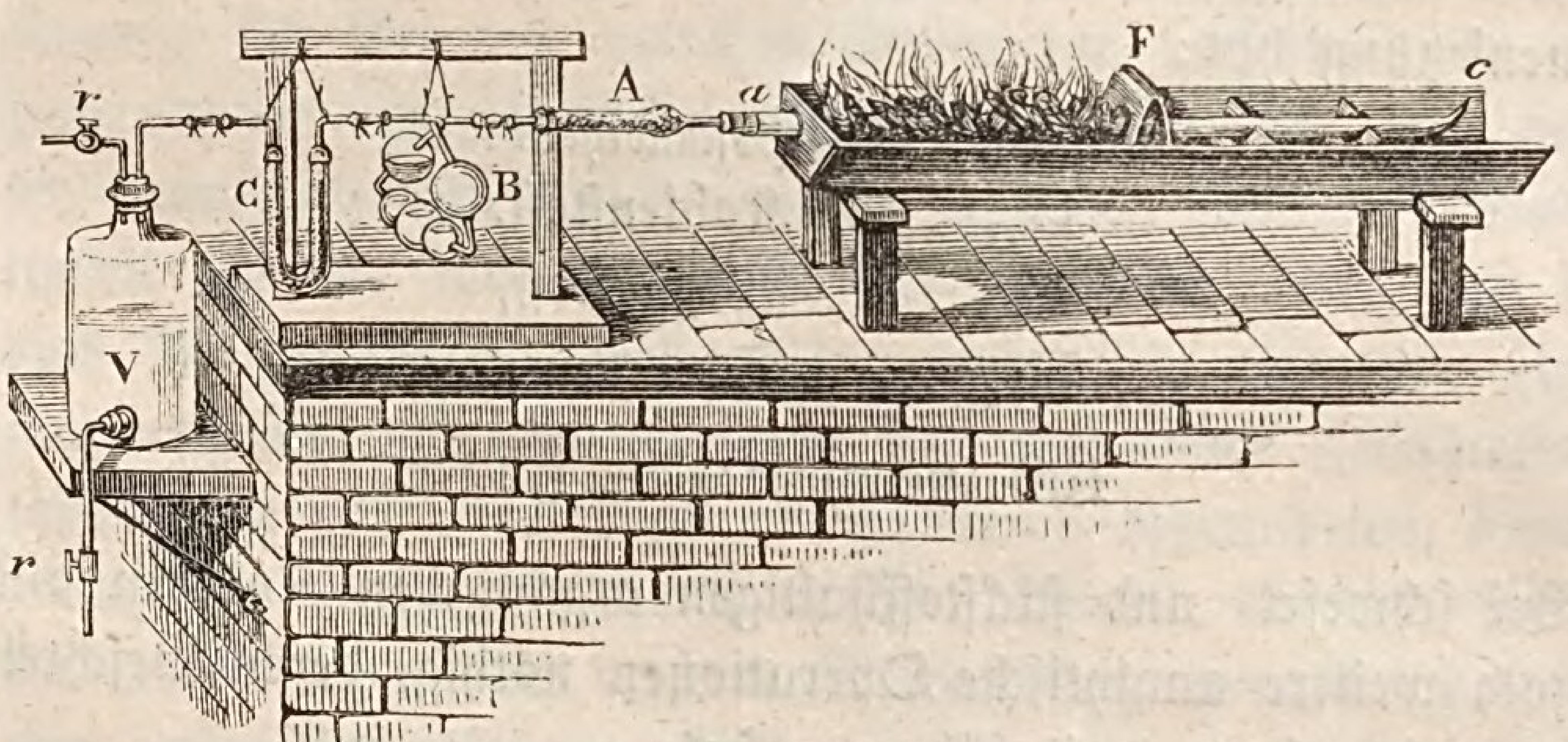
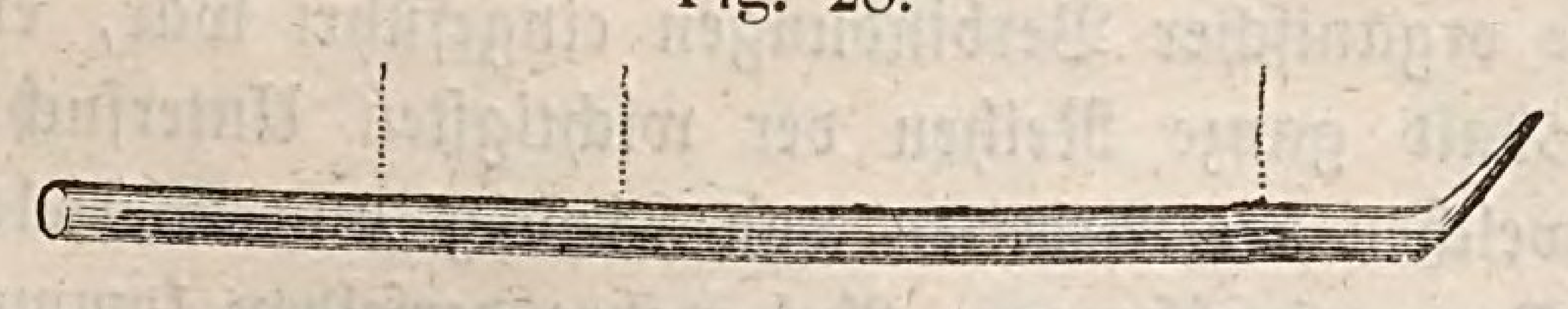


Fig. 28.



schen Analyse dient. a, c ist die Glasröhre, welche das Gemenge von Kupferoxyd und Zucker enthält. Sie liegt

auf einem rostartigen Ofen, in welchem die Verbrennung bereits bis F bewerkstelligt ist. A ist die zur Aufnahme des Wassers bestimmte Chlorcalciumröhre, B der Kaliapparat, während C und V weniger wesentliche Hülfsapparate sind, die man entbehren kann.

Aus der Gewichtszunahme jener vorher genau gewogenen Apparate erfährt man das Gewicht der durch die Verbrennung des Zuckers entstandenen Mengen von Kohlensäure und Wasser. Da aber bekannt, wieviel Kohlenstoff und Wasserstoff in einer gegebenen Menge von Kohlensäure und Wasser enthalten ist, so läßt sich hieraus berechnen, wieviel von diesen beiden Elementen in dem verbrannten Zucker enthalten war. Ist aber bei einem aus drei Elementen bestehenden Körper das Gewicht zweier darin enthaltener Elemente (in unserm Beispiele des Kohlenstoffs und Wasserstoffs) ermittelt, so ergibt sich hieraus das Gewicht des dritten Elements (des Sauerstoffs) von selbst. Man hat auf diese Weise gefunden, daß der Zucker die folgende Zusammensetzung hat:

Procente:	Bestandtheile:
$42_{,1}$ . . .	Kohlenstoff,
$6_{,4}$ . . .	Wasserstoff,
$51_{,5}$ . . .	Sauerstoff,
100	Gewichtstheile Zucker.

Bei schwefel- und stickstoffhaltigen organischen Körpern sind noch weitere analytische Operationen nöthig, deren Beschreibung jedoch zu weit führen würde.

Nachdem einmal eine leichte und sichere Methode der Analyse organischer Verbindungen eingeführt war, entstanden alsbald ganze Reihen der wichtigsten Untersuchungen, unter welchen die Arbeiten von Liebig und Wöhler den ersten Rang einnehmen. Auf mehre derselben kommen wir bei Betrachtung des Einflusses der Chemie auf Physiologie näher zurück. Auch die französischen Chemiker cultivirten das

organische Gebiet mit vielem Erfolg, und von diesen verdienen vorzugsweise Chevreuil und Dumas durch ihre classischen Untersuchungen genannt zu werden.

Allein neben der organischen Chemie, die als neu angebautes Feld sich vorzugsweise dankbar und ergiebig erwies, finden wir in Deutschland nun auch ausgezeichnete Kräfte in andern Kreisen erfolgreich beschäftigt. Hervorzuheben ist aus der großen Anzahl Verdienstvoller L. Gmelin, dem die Wissenschaft das gründlichste und umfassendste Handbuch verdankt, zu dessen Vervollständigung er selbst eine große Menge aus eigenen Untersuchungen hervorgegangener Thatsachen lieferte. Ein Werk von ähnlich reichem und gediegenem Inhalt in Beziehung auf die chemische Analyse, mit vielen neuen und eigenen Methoden, verdankt man H. Rose, dessen Laboratorium in Berlin den alten Ruhm der genauen Mineralanalysen von Klaproth fortpflanzte.

Während die Letztgenannten vorzugsweise der praktischen Chemie sich fördernd anreihen, haben wir noch eines der ersten unserer vaterländischen Chemiker zu gedenken, von dessen ausgezeichneten Arbeiten einige von ganz besonderer Wichtigkeit für die theoretische Chemie geworden sind. Es ist dies Mitscherlich, dessen Untersuchungen über den Zusammenhang von Krystallform und chemischer Zusammensetzung die Lehre des Isomorphismus begründeten, durch welche die Hypothese der chemischen Atome, die wir Seite 95 zum Gegenstand unserer Betrachtung gemacht haben, eine wesentliche Stütze erhielt.

Betrachten wir das seither Vorgetragene, so behandelt dasselbe Vergangenes, historisch Gewordenes. Allein in einer ihrer eigentlichen Bedeutung nach so wenig erkannten Wissenschaft, wie die Chemie, ist zur Würdigung ihrer jetzi-

gen Stellung der historische, vergleichende Rückblick gerade für den Laien unumgänglich nothwendig. Bei aller Begeisterung, mit der das bewußte, lebendige Voranschreiten der Chemie unsere Gegenwart erfüllt, soll dem Verdienste und den Ueberlieferungen der Vergangenheit die gerechte und volle Anerkennung zu Theil werden.



Liebig's Privat-Laboratorium in München.

III. Die Chemie und die Wissenschaften.

Das einseitige Vertiefen in irgendwelcher Richtung, die uns die Erforschung der Natur oder das Studium der Ideenwelt darbieten, wird früher oder später zu einem Resultate führen, das als eine Wahrheit von allgemeinem Werthe sich darstellt, die meist in wenig und einfachen Worten sich aussprechen und leicht mit andern Errungenschaften des menschlichen Geistes verknüpfen läßt. Dieses Aufgehen der Einseitigkeit der Forschung in einer Idee von allgemeinstem Werthe, diese Rückkehr aus dem Besondern in das

Universelle ist gerade ein Merkmal echter Wissenschaftlichkeit. Wenn eine Wissenschaft uns Resultate darbietet, die sich mit dem allgemeinen wissenschaftlichen Verständniß unvereinbar erweisen, so hat man gegründete Ursache, jene Resultate mit kritischem Mistrauen aufzunehmen. Entweder liegt der Fehler an der Unzulänglichkeit und Unvollkommenheit der Untersuchung, oder an der Unfähigkeit, aus dieser die Resultate zu ziehen und in angemessener Form darzustellen.

Es ist demnach gar keine Bewegung einer wahren Wissenschaft denkbar, ohne Anregung und Rückwirkung von und nach außen. Zunächst werden natürlich von solchen Bewegungen die benachbarten Gebiete ergriffen. Die verwandten Ideen verknüpfen sich rasch und leicht. Allein in leisen Wellenschlägen verbreitet sich eine gefundene Wahrheit allmälig nach allen Richtungen und erreicht endlich selbst die entferntesten Gebiete.

Es erscheint daher von Interesse zu untersuchen, inwiefern einerseits aus der Chemie Wahrheiten vom allgemeinsten Werthe entwachsen sind und auf andere Gebiete befruchtend und fördernd eingewirkt haben, und andererseits den Einfluß der übrigen Wissenschaften auf die Chemie in Betrachtung zu nehmen. Dieses Verhältniß des Gebens und Empfangens werde für die folgenden benachbarten Gebiete zu schildern versucht: Philosophie — Physiologie und Medicin — Zoologie und Botanik — Mineralogie, Geognosie und Geologie — Physik und Mathematik.

1. Verhältniß der Chemie zur Philosophie.

Die Philosophie bietet im Verlaufe der Zeiten mit der Chemie insofern einige Aehnlichkeit, als beider Namen das Schicksal theilen, in verschiedenen Epochen eine sehr verschiedene Bedeutung gehabt zu haben, als über beide Wissen-

schaften gewisse allgemeine Vorstellungen im Schwunge sind, die sich bei näherer Erörterung meist ebenso unklar als unbestimmt erweisen.

Welches nun auch die philosophischen Systeme und Philosopheme verschiedener Zeiten gewesen sein mögen, so hat sich doch der wissenschaftliche Sprachgebrauch dafür entschieden, daß unter Philosophie die denkende Untersuchung eines Gegenstandes zu verstehen sei — daß Philosophie die denkende Erkenntniß der Principien oder letzten Gründe sei, aus welchen alle Erscheinungen im Gebiete des Sinnlichen und Geistigen sich entwickeln lassen.

Sobald wir die Philosophie in diesem allgemeinen Sinne nehmen, ist es nicht schwierig, Zusammenhang und gemeinsame Berührungspunkte zwischen ihr und der Chemie nachzuweisen. Ja, es ist gar nicht möglich, daß ein Forscher von irgend einiger Bedeutung in seinen Untersuchungen dem Einflusse der Philosophie und ihrer Mitwirkung entzogen bleiben könnte. Denn aus den philosophischen Bestrebungen aller Zeitalter, Schulen und Völker hat die Zeit mit Beseitigung der Irrthümer und Auswüchse gewisse Wahrheiten und Principien bewahrt und in den Schatz der allgemeinen menschlichen Erkenntniß aufgenommen. Beim Lesen unserer bedeutendern Schriftsteller, im Umgange mit gebildeten Menschen lebt und webt sich unbewußt eine Summe solcher Erkenntnisse in unsere Seele ein, und als selbstverstehend empfangen wir Principien, die in einer frühern Epoche zweifelhafte und lange bestrittene Probleme philosophischer Parteien waren. So sind die wirklichen Erfolge großer Denker Gemeingut Aller geworden — unwillkürlich athmen wir den Hauch ewiger Ideen mit der Luft ein, wachsen wir auf unter ihrem Einflusse.

Die Chemie ist von diesem Einflusse keineswegs unberührt geblieben. In ihrer ganzen Bewegung von dem Zeitpunkte an, wo sie als Wissenschaft sich fühlte, erkennt man das Streben, aus der Masse eines rohen und untergeord-

neten Erfahrungsstoffs, Begriffe, Gesetze und Principien zu gestalten, die der allgemeinen Erkenntniß sich anreihen lassen.

In dem Vorhergehenden und Nachfolgenden sind derartige Resultate der Chemie niedergelegt, welche insbesondere für die verwandten Richtungen der Philosophie, für Metaphysik, Kosmogenie und Naturphilosophie von Bedeutung sind. Wir rechnen hierher die Lehre von den Elementen, von den Aequivalenten, von der Constitution der Materie — von der Identität der chemischen Stoffe, die niemals einer Umwandlung, Verwandlung oder Vernichtung fähig sind, von dem Unvermögen des Organismus, Stoffe zu produciren, von dem Kreislauf der Materie zwischen der unorganischen und organischen Natur u. s. w.

Um so auffallender erscheint es hiernach, daß von dem Zeitpunkte an, wo die Chemie ihren neuesten Aufschwung nahm, der dieselbe auf die Höhe der Wissenschaft hob und der so ziemlich zusammenfällt mit philosophischen Bestrebungen, die ebenfalls eine neue und, wie allgemein angenommen wird, die glänzendste Epoche der Philosophie eröffnen — daß von diesem Zeitpunkte an beide Wissenschaften, wenn nicht feindlich sich begegnen, doch fast ohne alle Wechselwirkung und gegenseitige Theilnahme nebeneinander her sich entwickeln. Es gilt dies nicht allein von der Chemie, sondern von den Naturwissenschaften überhaupt, die, wenn auch, wie oben angedeutet, durch logische und scharfsinnige Untersuchung mit Erfolg nach allgemeinen Principien streben, doch der Philosophie des Tags, der Schul- und Modephilosophie fast gänzlich entfernt bleiben.

Beide Theile folgten bewußt oder unbewußt dem prophetischen Zuruf, den das nachfolgende Schiller'sche Distichon enthält:

Naturforscher und Transscendental-Philosophen.

Feindschaft sei zwischen euch! Noch kommt das Bündniß zu frühe:
Wenn ihr im Suchen euch trennt, wird erst die Wahrheit erkannt.

Es wird unstreitig der Zukunft nicht schwer fallen, den Grund dieses passiven Nebeneinander klar vor Augen zu legen. Selbst in der Gegenwart stehend, mit den Ausläufern beider Richtungen mehr oder weniger verknüpft, ist unser Urtheil vielleicht weniger vorurtheilsfrei. Wir begnügen uns daher damit, von dem Verhältnisse oder Misverhältnisse zwischen Naturwissenschaft und Philosophie Act zu nehmen und dasselbe durch Thatsachen zu bestätigen.

Wir entnehmen zunächst über die Beziehungen der Chemie zur Philosophie eine bezeichnende Stelle aus Kopp's „Geschichte der Chemie":

„Solche Hindernisse" — sagt derselbe in Beziehung auf die Entwickelung der Chemie — „wurden besonders durch eine Richtung gebildet, welche sich in Deutschland seit Anfang des jetzigen Jahrhunderts geltend zu machen suchte und der Methode, die seit Baco von Verulam zur richtigen Erkenntniß der Naturgesetze geleitet hat, entgegentrat. Diese Richtung war, die reine speculative Forschungsweise an die Stelle der inductiven Untersuchungen zu setzen. Während die Geschichte der Naturwissenschaft jederzeit nachgewiesen hat, daß hier das Theoretisiren nur in stetem Geleite sicherer und unbefangener Beobachtungen zu Aufschlüssen über die Naturgesetze führe, wurde die Ansicht aufgestellt, daß alle Erscheinungen und Gesetzmäßigkeiten der Natur sich leichter und sicherer durch Speculation auffinden und erklären lassen durch Schlußfolgerung aus einem einzigen höchsten, in sich und durch sich selbst erwiesenen Grundsatze."

Der Zeitpunkt, in welchem Lavoisier in Frankreich durch Begründung der quantitativen Analyse den ersten und entscheidenden Schritt zur exacten Forschung auf dem chemischen Gebiete that, fällt so ziemlich zusammen mit der Periode, in welcher Kant's kritische Methode eine ähnliche Umgestaltung hervorzurufen schien, wie es durch den Ersten in den chemischen Wissenschaften geschah. Im Jahre 1724 geboren, lehrte Kant seit 1755 und von 1770 an als Pro-

fessor in Königsberg, und seine Untersuchungen über den Grund und Umfang unserer Erkenntnisse, Vorstellungen und Urtheile, seine Feststellung der überhaupt möglichen reinen Verstandesbegriffe, der sogenannten zwölf Kategorien, und seine durchaus kritische, in strengem Denken wurzelnde Methode trat mit glänzendem Erfolge dem seitherigen dogmatischen Verfahren in der Philosophie entgegen. Man hielt jetzt den Zeitpunkt gekommen, von welchem an die Philosophie, mit gleicher Sicherheit wie die empirischen Wissenschaften zu Resultaten gelangend, sich rasch weiter entwickeln werde, daß sie gleich jenen zwar noch irren, niemals jedoch wieder rückwärts gehen könne. Und gleichwie in Frankreich durch Lavoisier's Erfolge eine ganze Schar von Zeitgenossen und Nachfolgern, in die Bahn der Chemie gezogen, diese ebneten und erweiterten, so wandte sich fast die ganze geistige Kraft des deutschen Volks auf die Grundlage der Kant'schen Philosophie, um von da aus das Gebäude aller Wissenschaften mit errichten zu helfen.

Es ist eigenthümlich, daß Kant, obgleich von Fach ursprünglich Mathematiker und Physiker, sich von der experimentellen Seite dieser Wissenschaften ganz abwendend, eine rein speculative Richtung annahm. Wir besitzen von ihm keine nur irgend bedeutende Arbeit in erstgenannter Richtung, und obgleich der größte deutsche Philosoph ein Mathematiker war, so begründete er keineswegs eine physikalisch-mathematische Schule, wie sie in und seit jener Zeit aus Frankreich so glänzend mit Namen wie d'Alembert, Lalande, Laplace, Legendre, Lagrange, Biot, Francoeur, Cauchy u. s. w. hervorgegangen ist. Ja, gerade Physiker und Mathematiker erschienen alsbald als entschiedene Gegner, wenn nicht der Kant'schen, doch der in und aus ihr folgenden philosophischen Richtung.

Während man zusah, wie die empirischen Physiker in mühsamen, langwierigen, kostspieligen und überdies häufig erfolglosen Versuchen sich abmühten, um da und dort ein

vereinzeltes Gesetz der Naturerscheinungen nachzuweisen, entwickelte Kant's kritischer Idealismus aus der Tiefe des Gedankens allein seine alsbald zur Herrschaft gelangenden Gesetze der Geisteserscheinungen. Ein solches Beispiel war zu verführerisch, als daß es nicht eine Menge von Nachahmern hätte finden sollen, und nicht allein in der eigentlichen Philosophie, sondern auch in den Gebieten der Erfahrungswissenschaften nahm eine allgemeine Hinneigung zur speculativen Behandlung unter Vernachlässigung der experimentellen Forschung überhand.

Es vereinigte sich hiermit der Umstand, daß Kant's Schriften, an sich schon einen schweren Stoff behandelnd, dies in einer schweren, an eigenthümlichen Ausdrücken und Wendungen reichen Sprache thun, welche dem Eindringen in seine Gedanken und sein System nicht geringe Hindernisse entgegensetzen. Nicht das Geringste ist es, was wir an Lavoisier schätzen, daß er durch Einführung einer genauern und zweckmäßigern Nomenclatur, durch einen einfachen und klaren Stil in seinen Schriften der Wissenschaft Bestimmtheit im Ausdruck und größere Zugänglichkeit verlieh.

Kant's Vorgang hatte für die Behandlung der philosophischen Wissenschaften die entgegengesetzte Folge. Die Menge, die, seinen Spuren folgend, das Unverstandene und Halbverstandene nicht zu überwinden vermochte, wußte es doch in einer schwierigen und dunkeln Ausdrucksweise wieder und weiter zu geben, sodaß es immer noch wie tiefsinnige Philosophie aussah und von jungen Leuten und Solchen, die wenig geübt waren, näher auf die Sache einzugehen, mit einer heiligen Scheu aufgenommen ward. Wir finden alsbald bei vielen der auf Kant folgenden Philosophen eine so verwickelte, mit neuen Ausdrücken überladene, mythische, mystische und phantastische Sprache, daß man lebhaft an die Periode der kabbalistischen Alchemie erinnert wird, in deren Schriften man nicht weiß, ob die Worte

vorhanden sind, um eine Sache darzustellen oder zu verhüllen. Der Schüler kam in der That in den Fall auszurufen:

„Mir wird von alle Dem so dumm,
Als ging mir ein Mühlrad im Kopf herum."

Während aber das pseudo-philosophische Mühlrad im Kopfe klapperte, verging demselben alles Hören und Sehen der wirklichen Natur, und wir können einen Zeitraum von 1770 – 1820, also von 50 Jahren annehmen, in welchem in Deutschland nicht allein im Gebiete der Chemie, sondern auch in der exacten Naturforschung überhaupt verhältnißmäßig außerordentlich Geringes geleistet worden ist. Es erfoderte das Genie eines Humboldt, um nicht in jene falsche Richtung verwickelt zu werden; und es ist überdies charakteristisch genug, daß dessen früheste wissenschaftliche Thaten den Impuls in Paris empfingen, daß sie in französischer Sprache niedergeschrieben sind, daß ihr berühmter Verfasser erst dann den heimatlichen Boden zum Aufenthalt wählte, als den Naturwissenschaften eine schönere Morgenröthe daselbst aufzudämmern begann.

Es erscheint als merkwürdige Thatsache, daß während Kant dem Dogmatismus feindlich und vernichtend entgegentrat, gerade seine Nachfolger in ihren Naturphilosophien in einer Weise dogmatisirend und a priori construirend auftraten, wie dies seit den griechischen Philosophen nicht mehr dagewesen, sodaß den Naturforschern alsbald nichts übrig blieb, als dieser ganzen Philosophie geradezu den Rücken zu kehren und sie gänzlich zu ignoriren. Und wie denn eine jede falsche Richtung in den Wissenschaften eine Spitze erreichen muß, auf der sie, eine zeitlang künstlich balancirend, endlich umschlägt, so wurde durch die Ausbildung von Schelling's und Hegel's Naturphilosophie diese Zuspitzung erreicht. Das hierdurch im Anfange dieses Jahrhunderts begründete und im Wesentlichen bisjetzt gebliebene Verhältniß zwischen Chemie und Philosophie kann nicht treffender cha-

rakterisirt werden, als durch die Worte eines der bedeutendsten Chemiker der Gegenwart.

„Es ist die deutsche Naturphilosophie", sagt Liebig, „die ihren Namen mit so großem Unrecht trägt, welche die Kunst verbreitet hat, ohne gründliche Forschungen und Beobachtungen sich Rechenschaft von den Erscheinungen zu geben, eine Kunst, der es an Jüngern nicht fehlen wird, solange Arbeiten ohne Mühe und Anstrengung Aufmunterung und Anerkennung finden; sie zeugte die blinden und taubstummen Kinder der Unwissenheit und des Mangels aller Beobachtungsgabe, sie ist es, die in den vorhergegangenen Jahren alle Fortschritte in ihrem Keime erstickte."

Lehmann, in der Vorrede zu seinem ausgezeichneten „Lehrbuch der physiologischen Chemie", sagt: „Wenn wir in der Anwendung der Chemie auf die Wissenschaft des generellen Lebens noch hier und da den durchgreifenden Einfluß einer wahrhaften Naturphilosophie vermissen, so verstehen wir darunter nicht etwa eins jener nun ziemlich verschollenen Systeme, die mehr einer schönen Dichtung gleichen und fast zum Spotte der Nachkommen geworden sind, sondern jene Newton'sche Naturanschauung, welche die Astronomie zu ihrer Vollendung und die Physik zu den glänzendsten Entdeckungen führte."

Dieser Beurtheilung, oder vielmehr Verurtheilung der Stellung der Naturphilosophie unsers Jahrhunderts zur Chemie wollen wir nur einige Stellen aus Schelling's und Hegel's naturphilosophischen Schriften folgen lassen. Wir entnehmen zunächst der „Zeitschrift für speculative Physik" eine Stelle, in welcher Schelling eine Erklärung des chemischen Processes gibt, und die zugleich als Probe der naturphilosophischen Sprache und Darstellungsweise überhaupt dienen kann:

„Die Natur strebt in der dynamischen Sphäre nothwendig zur absoluten Indifferenz. Weder durch Magnetismus noch durch Elektricität wird die Totalität des dynamischen

Processes dargestellt, sondern nur durch den chemischen Proceß. Mit der dritten Dimension des Products sind zugleich auch die beiden ersten gesetzt; in der Natur selbst ist eins und ungetrennt, was zum Behuf der Speculation getrennt wird. Im ersten Moment ist Vereinigung der Kräfte für die Anschauung und dynamische Identität beider, im zweiten dynamische Entgegensetzung und Getrenntsein beider für die Anschauung. Die zwei ersten Momente müssen vereinigt werden, um ein Reelles zu construiren. Die jetzt zu lösende Aufgabe wird also die sein: wie beide Kräfte zugleich dynamisch getrennt und für die Anschauung als identisch gesetzt sein können. Dies ist nur dadurch möglich, daß ihre Productionen in einer gemeinschaftlichen dritten dargestellt werden, welche, als durch wirkliches Durchdringen oder Multipliciren der Producte entstehend gedacht, die zweite Potenz der Fläche oder der Kubus sein muß. Die beiden Körper, die sich im elektrischen Proceß nur in den beiden Dimensionen verändern, verändern sich im chemischen Proceß in allen drei Dimensionen, oder gelangen zur wirklichen wechselseitigen Durchdringung, d. h. Darstellung einer gemeinschaftlichen Raumerfüllung. Das Schema des Magnetismus ist folglich die Linie, der Elektricität der Winkel, des Galvanismus, der selbst ein chemischer Proceß ist, das Dreieck. Im chemischen Proceß sind alle andern dynamischen nicht nur potentia, sondern actu enthalten. Kein Entstehen im chemischen Proceß ist ein Entstehen an sich, sondern bloße Metamorphose."

Schon früher haben wir in unserer Darstellung die Zusammensetzung des Wassers sowie die Analyse desselben besonders ausführlich erörtert und gezeigt, daß in je neun Pfunden dieses Körpers acht Pfund Sauerstoff und ein Pfund Wasserstoff enthalten sind. Wir theilen jetzt mit, was nach Schelling's Wissenschaftslehre das Wasser ist. Es heißt dort wörtlich:

„Das Wasser enthält, ebenso wie das Eisen, nur in

absoluter Indifferenz, wie jenes in relativer, Kohlen- und Stickstoff, und so kommt alle wahre Polarität der Erde auf Eine ursprüngliche, Süd und Nord, zurück, welche im Magnet fixirt ist." Und an einer andern Stelle: „Das Thier ist in der organischen Natur das Eisen, die Pflanze das Wasser. Denn jenes fängt von der relativen Trennung (der Geschlechter) an. Diese endet darin. Das Thier zerlegt das Eisen, die Pflanze das Wasser. Das weibliche und männliche Geschlecht der Pflanze ist der Kohlenstoff und Stickstoff des Wassers."

Von Hegel („System der Wissenschaft: Naturphilosophie") lassen wir hier einige Stellen über physikalische Elemente und den chemischen Proceß folgen: „Die so zu Momenten des Planeten herabgesetzten freien Qualitäten sind die physikalischen Elemente; der Planet ist daher erst wahrhaft Proceß, das realisirte, thätige Wesen, weil er eine Totalität von Unterschieden an sich, als dem zu Grunde liegenden Substrate, darstellt. Das Moment der abstracten Identität, aber nicht mehr als passive Allgemeinheit, sondern als negative, verzehrende, auf die Besonderheit bezogene Allgemeinheit, ist die Luft, das verdachtlos schleichende Element. Die Elemente des Gegensatzes, als das für sich seiende, nicht mehr allgemeine, sondern individualisirte Verzehren, das im Verzehren sich selbst verzehrt, ist das Feuer; das gleichgültige Auseinanderfallen, das Wasser, als das Element der Neutralität. Die Erde endlich ist die feste Grundlage, an welcher diese Unterschiede ineinander übergehen."

Ebendaselbst, über den chemischen Proceß, erfahren wir Folgendes: „Wenn die Elektricität der zerbrochene Magnetismus war, indem in ihr die entgegengesetzten Pole selbständige Körper sind, an welche die positive und negative Elektricität vertheilt ist, und ebenso der Indifferenzpunkt, als die Explosion eines indifferenten Lichts für sich existirt, so ist der chemische Proceß dagegen die Totalität des Gestaltens. Wir haben zwei selbständige Körper, die mehr dem

einen oder dem andern Extrem angehören, dem Metall oder dem Schwefel, sich in einem indifferenten Medium begegnen und durch Aufgebung ihrer abstracten Einseitigkeit, in die sie das Medium zersetzen, zu einem dritten Körper sich verbinden, der die Totalität und Neutralität der Gegensätze ist; — der dynamische Proceß in seiner höchsten Vollendung."

Wenn solche Proben der Auffassung chemischer Verhältnisse bei den Meistern und Gründern der neuern philosophischen Schule sich finden, welche Verkehrtheiten mußte dies nicht für ihre Nachfolger und Schüler ergeben, und zwar nicht allein bei den jüngern eigentlichen Philosophen, sondern auch bei Jenen, die das Schicksal hatten, im Beginn ihrer Studienzeit eine solche naturphilosophische Grundlage zu erhalten, um auf dieser Naturwissenschaften zu betreiben, und die nicht die Kraft besaßen, sich aus der unfruchtbaren Spielerei mit unverstandenen chemischen und physikalischen Ausdrücken herauszureißen.

Oersted — der berühmte Entdecker des Elektromagnetismus, der auf den telegraphischen Drähten jetzt durch die ganze Welt den Gedanken beflügelt — spricht sich hierüber folgendermaßen aus:

„Uebrigens hat das Weltbild, das selbst die höchsten Philosophen sich gebildet haben, durch den Mangel an Naturauffassung gelitten. Daß eine Weltanschauung ein Grundbestandtheil der Philosophie ist, brauche ich wol nicht zu beweisen; aber daß diese theils leer, theils vielfältig falsch sein muß, wenn sie nicht das Wesentliche der Wahrheiten aufnimmt, welche die Naturwissenschaft uns lehrt, ist nicht minder gewiß. Ungeachtet die Philosophen der Gegenwart nicht mit den Ergebnissen der Naturwissenschaft unbekannt sind, sehen sie doch so sehr davon ab, daß diese so gut wie keinen Einfluß auf ihre Forschung haben."

Was konnte unter solchen Umständen zwischen Chemie und Naturphilosophie für ein Verhältniß sich begründen? Jedenfalls kein gegenseitig förderndes. Die Chemiker mußten

sich abwenden von einer Wissenschaft, in welcher bei völliger Unkenntniß der wichtigsten chemischen Grundsätze und Begriffe dennoch mit chemischen Namen und Processen ein bedeutungsloses Spiel getrieben wurde; ja sie mußten ein großes Mistrauen gegen die ganze Philosophie dieser Richtung erhalten. Und da sich die Chemie in ihrer wissenschaftlichen Bedeutung von der Philosophie gänzlich ignorirt sah, so kehrte sich das Verhältniß um, und wir finden die ausgezeichnetsten Chemiker der Gegenwart ihre schönen Forschungen verfolgen, die wichtigsten Thatsachen der Natur enthüllen, die folgenreichsten Gesetze und Anwendungen daraus entwickeln, indem sie dabei der seit Baco von Verulam begründeten und von Newton weiter geführten sichern inductiven Methode folgten, gänzlich unbekümmert um die nebenher sich bewegende moderne Naturphilosophie, die bei allem Triumphgeschrei ihrer Anhänger doch nirgends zu erheblichen Resultaten führte. Ja nicht einmal auf Streitigkeiten und Widerlegung dieser philosophischen Richtung ließen sich die Chemiker ein; denn es war bei dem Standpunkte der Parteien, nach welchem ein gegenseitiges Verstehen nicht stattfinden konnte — wie Schleiden es sehr treffend bezeichnet — ein Kampf zwischen beiden ebenso unmöglich als Krieg zwischen Spaniern und Mexicanern vor der Entdeckung Amerikas.

Es kann aber nicht anders als in hohem Grade wünschenswerth erscheinen, daß zwischen Philosophie und exacter Naturforschung, die Chemie hierin eingeschlossen, ein inniges Band geschlungen werde, zu gegenseitiger Befestigung und Erweiterung. Und es scheint, als ob gerade die jüngste Gegenwart hierzu Anknüpfungspunkte biete. Wir sehen einerseits aus der Philosophie selbst Stimmen sich erheben, welche, die seitherige Richtung verurtheilend, für alles philosophische Forschen den Weg der naturwissenschaftlichen Methode empfehlen; wir sehen andererseits, wie die Untersuchungen der Chemiker sich mehr und mehr der Erörterung allgemeiner

Fragen zuwenden, zu deren Durchdringung und Beantwortung der philosophische Standpunkt nothwendig erscheint.

Wenn schon Einzelne, die seit Kant mit den philosophischen Wissenschaften sich befaßten, nicht der Richtung von Schelling und Hegel anheimgefallen sind, sondern, wie Fries und Herbart, einen mehr naturwissenschaftlichen und mathematischen Weg einschlugen, so drangen diese die Berechtigung des Realen anerkennenden Denker nicht durch, gegenüber dem blendenden Glanze eines phantasie- und phrasenreichen Idealismus. Entnehmen wir aber einem neuerdings aus der Herbart'schen Schule hervorgegangenen Werke: „Lehrbuch der Psychologie als Naturwissenschaft" (Braunschw. 1852), von Waitz, einige Stellen, welche zeigen, wie in den Reihen der Philosophen selbst eine den Naturwissenschaften günstigere Reaction sich vorbereitet. In der Vorrede jenes Werks sagt der Verfasser: „Wie wenig es der modernen Philosophie Ernst war mit dem Idealismus, das ist an ihren Früchten zu Tage gekommen; denn sie hat nicht eine moralisch vertiefende und kräftigende Wirkung ausgeübt auf die Zeit, wie der ehrliche und echte Idealismus Kant's und Fichte's, sondern eine erschlaffende und verflachende." Ferner: „Ich darf mir an dieser Stelle die Untersuchung darüber ersparen, durch welche für die deutsche Wissenschaft so beschämenden Umstände es möglich war, daß man unter dem Namen der Philosophie eine zeitlang nur jenen scholastischen Idealismus und eine ihm verwandte Denkweise verstanden hat. Daß es sich aber so verhielt und theilweise noch so verhält, begründet in mir die Besorgniß, es werde das vorliegende Buch von den Naturforschern für ein «philosophisches» angesehen und schon um dieses Namens willen verurtheilt werden; denn darüber, daß es von Andern als ein unphilosophisches, empiristisches bei Seite gelegt werden wird, bin ich außer Sorge, weil man verschiedener Meinung darüber sein kann, ob in diesem Umstande mehr Lob oder Tadel liege."

Finden wir hier nicht eine Verurtheilung der Philosophie des 19. Jahrhunderts von Seiten eines Philosophen ebenso entschieden ausgesprochen, als dies früher von Seiten des Chemikers geschehen? Sehen wir nicht aber zugleich in diesen Worten den Drang enthalten, Philosophie und Naturwissenschaft in Wechselwirkung und Uebereinstimmung zu bringen? Ein Bestreben, das in solcher Weise sich kundgibt, wird sicherlich von den Naturforschern nicht zurückgewiesen, sondern freudig aufgenommen werden! Beweis hierfür ist die Anerkennung, mit welcher Liebig in seiner Vorrede zur Thierchemie über das philosophische Werk eines englischen Autors mit folgenden Worten sich ausspricht: „Derselbe (nämlich Liebig) kann hierbei nicht verschweigen, wie groß der Nutzen gewesen ist, den ihm für diesen Zweck das Studium von John Stuart Mill's «A System of Logik etc.» gewährt hat, ja er glaubt, daß ihm kein anderes Verdienst hierbei zukommt, als daß er einzelne von diesem eminenten Philosophen aufgestellte Grundsätze der Naturforschung ausgeführt und auf einige specielle Vorgänge angewendet hat." Schlagen wir nun das Werk des britischen Philosophen, seitdem unter dem Titel „Die inductive Logik u. s. w." in deutscher Uebersetzung von Schiel (Braunschw. 1849) herausgegeben, auf, so finden wir wieder in dem Abschnitte „Von der Erklärung der Naturgesetze" mehre Untersuchungen und Betrachtungen Liebig's, z. B. über Respiration, Contagien u. s. w., als bewundernswerthe Beispiele von dem Geiste der deductiven Methode angeführt, und wir erkennen hierin eine förderliche Wechselwirkung zwischen Philosophie und Chemie.

2. Verhältniß der Chemie zur Physiologie, Medicin und Pharmacie.

Wenn eine jede Wissenschaft an und für sich ein so hohes Interesse darbietet, daß wir nicht selten die ganze Lebensthätigkeit Einzelner derselben gewidmet und darin auf-

gehen sehen, so ist dies doch eben nur für Diejenigen der Fall, die in einer Richtung des Wissens und Forschens sich vertiefen, sich vollständig derselben hingeben können. Andern, die, wie die große Mehrzahl der Menschen, nicht in wissenschaftlichen Berufsweisen sich bewegen, wird es schwer fallen, wo nicht unmöglich werden, das Interesse zu verstehen und zu theilen, das die reine Wissenschaft gewährt. Dies macht sich für Jeden fühlbar, der es versucht, für irgendein wissenschaftliches Gebiet das allgemeine Interesse durch eine Darstellung desselben zu erwecken. Sowie jedoch eine Seite der Wissenschaft erfaßt wird, die von Einfluß ist auf die allgemeinsten Erscheinungen, Bedürfnisse und Wünsche des Menschen, so ist auch das allgemeine Interesse erregt: es sind die Handhaben gefunden, an welchen es gelingt, die Menge von dem Nutzen der angewendeten Wissenschaft zur Schönheit ihrer Wahrheiten emporzuheben. Das Verdienst aller sogenannten populären wissenschaftlichen Darstellungen beruht daher weniger darin, ein Interesse für die Wissenschaft zu erwecken, als ein unbewußt vorhandenes entsprechend zu befriedigen.

Warum ist denn nun ein so allgemeines Interesse für die Chemie erwacht, daß sich in neuerer Zeit Männer von Fach angeregt fanden, die Resultate der wissenschaftlichen Forschung dem großen Publicum in gemeinfaßlichen Darstellungen zu erörtern. Der Grund hiervon ist kein anderer, als daß die Chemie die Beantwortung von Fragen versucht und theilweise gegeben hat, die mit dem Leben, der Gesundheit, dem Wohlergehen eines jeden Menschen in innigem Zusammenhange stehen, für die daher überall Interesse und Empfänglichkeit vorhanden sein muß.

Die Physiologie, die als Gegenstand den ganzen Lebensproceß, die Ernährung, Entwickelung und Fortpflanzung des Organismus hat, ist vorzugsweise das Gebiet, durch welches die Chemie in der neuern Zeit in weiten Kreisen Verbreitung erlangt hat; und wir sind hier an dem eigentlichen Glanz-

punkte dieser Wissenschaft in ihrem heutigen Auftreten angekommen. Ueber viele Erscheinungen des täglichen Lebens, über viele dunkle Stellen im geheimnißvollen Walten des Organismus hat die Chemie ein überraschendes Licht verbreitet, sodaß eben dadurch bei Vielen der Wunsch erregt wurde, über eine Wissenschaft näher unterrichtet zu sein, die als Schlüssel zu den verborgensten Stätten, als Leitfaden zu dem verwirrtesten Labyrinthe führt.

Die Frage: „Was ist Leben?" war von jeher eine Lebensfrage der Wissenschaft. Auf das verschiedenste sehen wir im Verlaufe der Geschichte ihre Beantwortung versucht, bald auf theosophische, philosophisch-speculative, alchemistische, anatomische, mechanische, physikalische, chemische Weise soll das große und ewige Räthsel gelöst werden, und von den dunkeln Aussprüchen geheimnißvoll rauschender Quellen bis zu den astrologischen Deutungen der Gruppirung Billionen von Meilen entfernter Gestirne wurde keine Erscheinung unbeachtet gelassen, ohne ihr einen gewissen Einfluß auf den Organismus mit mehr oder weniger Grund zuzuschreiben. Diese Richtungen wechseln, je nach den für eine gewisse Zeit hervortretenden Erfolgen der einen oder der andern. Wir haben schon oben gezeigt, wie eine zeitlang alle organische Thätigkeit in Säure und Lauge aufging; später, nach Entdeckung und Anwendung des Mikroskops, erwartete man von der Zergliederung ins Feinste alle Erklärung zu erhalten; die Beobachtungen über thierische Elektricität machte auf eine zeitlang den Körper zu einer Elektrisirmaschine und seine Functionen zu Ladungen, Entladungen, Anziehungen und Abstoßungen; die Naturphilosophie endlich mühte sich ab in mysteriösen Bildern.

„Das Blut", sagt Hegel, „als die achsendrehende, sich um sich selbst jagende Bewegung, dies absolute Insicherzittern ist das individuelle Leben des Ganzen, in welchem nichts unterschieden ist — die animalische Zeit. Alsdann entzweit sich diese achsendrehende Bewegung in den kometa-

rischen und atmosphärischen und in den vulkanischen Proceß. Die Lunge ist das animalische Blut, welches sich zur Atmosphäre verhält und diesen sich unterbrechenden und herstellenden, aus- und einathmenden Proceß macht. Die Leber ist dagegen das aus dem kometarischen in das Fürsichsein, in das lunarische Zurückkehren, es ist das seinen Mittelpunkt suchende Fürsichsein, die Hitze des Fürsichseins, der Zorn gegen das Anderssein und das Verbrennen desselben."

Diese Erklärung kann uns aber keineswegs befriedigen, und wir müssen die Frage wiederholen: Was ist Leben? Es liegt die Periode nicht fern, ja ist in einzelnen Beispielen noch fortdauernd, wo die Antwort also lautete: Die Lebenserscheinungen sind die Wirkungen einer eigenthümlichen, den Organismen innewohnenden Kraft, die daher Lebenskraft, vis vitalis, genannt wird. Man darf annehmen, daß diese Definition das Eindringen in ein besseres Erkennen der Lebenserscheinungen viel mehr gehemmt als gefördert hat. Der Belehrung Suchende durfte irgendeine beliebige Frage stellen, über diese oder jene Verrichtung, die Antwort blieb niemals aus: sie war die Wirkung der Lebenskraft. In der Regel begnügte man sich hierbei, zufriedengestellt durch das magische, überall helfende Wort, nach dem bewährten Spruche:

„Denn eben wo Begriffe fehlen,
Da stellt ein Wort zur rechten Zeit sich ein."

Versuchen wir nun die Vorstellung zu vermitteln, welche sich die Naturforschung auf ihrem gegenwärtigen Standpunkte vom Leben und seinen Erscheinungen gebildet hat. Dieselbe betrachtet, von der Anatomie und Mikroskopie unterrichtet, den Organismus sowol der Thiere wie der Pflanzen, als ein aus wunderbar kleinen und zarten Gebilden, aus Zellen, Gefäßen und Geweben zusammengefügtes Ganzes, dessen Materie nach den Untersuchungen des Chemikers aus einer gewissen Anzahl einfacher Stoffe besteht, die in chemischer Wechselwirkung begriffen sind, und innerhalb dessen

das Auge des Physikers die Schwere, die Wärme, die Elektricität, die Durchsaugung (Endosmose), die Haarröhrenanziehung (Capillarität), die Elasticität und andere physikalische Einflüsse thätig wirksam erblickt. Es erscheint hiernach das Leben als die Gesammtwirkung chemischer und physikalischer Kräfte innerhalb des Organismus, nach denselben Gesetzen, die auch außerhalb desselben Geltung haben. Es ist keine besondere Kraft vorhanden, wodurch die Wirkungen der genannten chemischen und physikalischen Thätigkeiten im lebendigen Körper aufgehoben und vernichtet, oder in Richtungen wirksam werden, die im Widerspruch stehen mit den ihnen sonst zukommenden. Allein daß eine solche Mannichfaltigkeit von Kräften, vereinigt auf einem so engen, fein ausgeführten Schauplatze, wie im Organismus, eine Reihe höchst verwickelter, sich gegenseitig bedingender und kreuzender Erscheinungen hervorrufen und hierdurch dem Studium derselben außerordentliche Schwierigkeiten bereiten muß, liegt auf der Hand. Hierin besteht eben die Schwierigkeit des Studiums der Physiologie, daß niemals eine Seite der mitwirkenden Agentien in ihrer reinen Consequenz sich durchführen läßt, und hierin liegt die Erklärung, daß weder der Anatom für sich, noch der Physiker, noch der Chemiker allein das Leben zu erklären im Stande ist. Hier muß also die Gesammtnaturwissenschaft zusammenwirken, um nach und nach Einsicht zu erlangen über den Antheil, welchen einzelne ihrer Zweige an der Gesammterscheinung des Lebensprocesses haben.

Einzuräumen ist jedoch, daß wesentliche Punkte der Lebensthätigkeit den der Naturwissenschaft gegenwärtig zu Gebote stehenden Mitteln unzugänglich bleiben werden. Hierher gehört z. B. die Ursache der Bildung der Formen, sowol der einfachsten, wie Zellen und Gewebe, als auch der aus ihrer Gruppirung hervorgehenden Organe. Es verhält sich hier ähnlich, wie bei dem krystallisirten Mineral. Wir ken-

nen aufs genaueste seine chemische Zusammensetzung und die geometrischen Verhältnisse seiner Gestalt; allein wir sind ganz im Dunkeln über die Ursache, welche die Theilchen des einen Minerals mit stetiger Gesetzmäßigkeit zu Würfeln, die des andern zu Säulen u. s. w. anordnet. Wir sind hier allerdings noch genöthigt, in den Organismen eine bildende Lebenskraft anzunehmen, um einstweilen mit diesem Worte die uns noch unbekannte Ursache der plastischen Erzeugnisse des Lebens zu bezeichnen, und nur in diesem Sinne finden wir den Ausdruck „Lebenskraft" von den Naturforschern gelegentlich noch angewendet.

Welchen Antheil nimmt nun die Chemie an der Aufklärung der Lebenserscheinungen? Wir sagen, den allergrößten; denn Alles, was sich auf den im Organismus vorhandenen Stoff, seine Aufnahme, Ausscheidung und Umbildung u. s. w. bezieht, kann nur unter Zuziehung chemischer Untersuchung eine Erklärung finden.

Es ist nicht gestattet, hier ins Einzelne der zahlreichen und mühevollen chemischen Untersuchungen im organischen Gebiete einzugehen; allein die Aufzählung einiger Cardinalpunkte, welche man durch dieselben jetzt als festgestellt ansieht, soll nachfolgend gegeben werden.

1) Die Organismen, sowol des Thier- als Pflanzenreichs, bestehen aus einer beschränkten Anzahl von chemischen Elementen. Dieselben sind, ungefähr ihrem quantitativen Range nach geordnet, die folgenden: Sauerstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Calcium, Schwefel, Silicium, Kalium, Natrium, Magnesium, Aluminium, Phosphor, Chlor, Eisen. Es finden sich zwar hier und da auch noch einige andere Stoffe in Thier- und Pflanzenkörpern, allein theils nur in solch unbedeutender Menge, theils so schwankend, daß ihre Anwesenheit mehr zufällig erscheint.

2) Kein Organismus läßt sich unmittelbar durch das Zusammenbringen seiner elementaren Bestandtheile erzeugen; es ist hierzu immer das Vorhandensein eines bereits orga-

nisirten Anfangs nothwendig, beim Thiere das Ei, bei der Pflanze die Keimzelle.

3) Kein Organismus besitzt die Fähigkeit, irgendein Element zu erzeugen oder ein Element in ein anderes umzuwandeln; was in demselben angetroffen oder von demselben abgesondert wird, ist vorher von außen aufgenommen worden.

4) Die Pflanze ernährt sich von unorganisirten chemischen Verbindungen; Wasser, Kohlensäure und Ammoniak sind ihre Hauptnahrungsmittel; die von ihr aufgenommene Nahrung dient lediglich zur Vermehrung ihrer Masse.

5) Die beim Verbrennen einer Pflanze in Form von Asche zurückbleibenden mineralischen Stoffe sind, ungeachtet ihrer geringen Menge, als wesentliche Bestandtheile der Pflanze anzusehen. Sie werden derselben, in Wasser gelöst, aus dem Boden durch die Wurzel zugeführt. Dieselben sind in jeder Pflanze in bestimmter Auswahl und Menge vorhanden; und obgleich hierin gewisse Schwankungen stattfinden, so kann doch keine Pflanze in einem Boden gedeihen und namentlich keinen Samen hervorbringen, wenn diesem jene mineralischen Stoffe, z. B. Kieselerde, Kali, Natron, Kalk, Phosphorsäure u. s. w., fehlen.

6) Der Mensch und die Thiere bedürfen als Nahrung organisirter Körper, entweder pflanzlicher oder thierischer Abkunft. Diese Nahrung dient bei denselben dreierlei Zwecken: zur Vermehrung der Körpermasse, solange Wachsthum stattfindet, zum Ersatz verbrauchten Stoffs, zur Unterhaltung des Athmens.

7) Jede Bewegung des Thierkörpers ist bedingt durch einen entsprechenden Verbrauch an Körpermasse. Stickstoffhaltige Körpertheile, wie insbesondere die Muskel, können nur durch stickstoffhaltige Speisen wieder ersetzt werden. Letztere werden daher als die eigentlich ernährenden angesehen und stoffbildende, plastische Nahrungsmittel genannt; ihr Werth wird im Allgemeinen nach der Größe ihres Stickstoffgehalts geschätzt. Stickstofffreie Substanzen, wie Fett,

Stärke, Zucker, können weder das Wachsthum noch das Leben eines Thieres überhaupt auf längere Dauer unterhalten.

8) Jeder Athemzug des Thierkörpers ist bedingt durch einen Verlust seiner Körpermasse an Kohlensäure oder Wasser, und es entspricht demselben die Entwickelung einer gewissen dem Blute sich mittheilenden Wärmemenge. Als Ersatz jenes Verlustes dienen vorzugsweise die soeben genannten stickstofffreien Substanzen (Fett, Stärke, Zucker).

9) Die fleischfressenden Thiere, sodann die blut- oder milchsaugenden finden in ihren Nahrungsmitteln die einfachen Stoffe bereits zu denjenigen Verbindungen vereinigt vor, aus welchen ihr eigener Körper besteht. Ihr Verdauungsgeschäft ist daher kurz, einfach und beruht weniger auf chemischer Umsetzung: es ist vielmehr ein Act der Auflösung, Aneignung (Assimilirung) des Verwendbaren und Ausscheidung des Unverwendbaren.

10) Auch das pflanzenfressende Thier findet im Pflanzenkörper chemische Verbindungen bereits gebildet vor, die mit seiner Muskelfaser und seinen Eiweißgebilden wenn nicht Identität, doch die größte Annäherung an übereinstimmende Zusammensetzung haben; auch sein Verdauungsgeschäft erscheint in dieser Hinsicht weniger ein chemisch umsetzendes, als vielmehr durch Auflösung trennendes. Allein die Pflanzenstoffe, wie Heu u. s. w., enthalten in jenen assimilirbaren Verbindungen eine große Menge der Auflösung widerstehender, für den Thierkörper unbrauchbarer, unverdaulicher Substanz, z. B. Holzfaser, beigesellt. Das Verdauungsgeschäft der Pflanzenfresser wird daher langwieriger und verwickelter, wie schon an sich durch den Verdauungsapparat der Wiederkäuer angedeutet ist.

11) Wenn nun schon die Verdauung an sich weniger als ein chemisch umsetzender Proceß erscheint, so ist dieser Proceß doch von vielen chemischen Umsetzungen, die mit demselben im Zusammenhang stehen, begleitet. Als Beispiele chemischer Processe im Organismus sind hervorzuheben: die

Einwirkung des beim Einathmen der Atmosphäre entnommenen Sauerstoffs auf das Blut; die Ueberführung der durch die Bewegung aufgeriebenen Körpersubstanz in eine Reihe von Verbindungen, die durch den Urin abgeschieden werden; endlich die Umsetzung von Stärke und Zucker in Fett und andere mehr.

Wir könnten die Reihe chemischer Ergebnisse und Grundsätze aus dem Gebiete der Physiologie noch vermehren; allein theils beziehen sich dieselben auf Erscheinungen von mehr vereinzelter Bedeutung, theils erfodert ihr Verständniß ein tieferes Eingehen in die Materie, als hier gestattet ist. Nur werde noch bemerkt, daß wenn für Manchen diese Sätze hier in dogmatischer Form auftreten, diese Dogmen nur ein Ausdruck der sorgfältigsten, mühsamsten Beobachtungen und ihrer Combination sind. Auch erscheinen mehre dieser Sätze keineswegs als ganz neu oder als besonders merkwürdig: sie bestätigen zum Theil nur alte, rohe Erfahrungen. Allein gerade die erklärende Weise, in welcher sie jetzt aufgestellt werden, verleiht denselben eine so hohe Bedeutung. Daß Fleisch und Hülsenfrüchte nahrhafter seien als Obst und Kartoffeln, daß eine starke Mahlzeit die erwärmende Wirkung eines innerlichen Ofens hat, waren längst bekannte Thatsachen. Die klare Einsicht in diese Verhältnisse verdanken wir jedoch erst der physiologischen Chemie der Gegenwart. Es ist hier, wie mit den Himmelserscheinungen: sie blieben äußerlich die alten bekannten, auch nachdem der scharfsinnige Geist eines Kopernicus den wahren Zusammenhang ihres Verlaufs aufgeklärt hatte.

Physiologisch-chemische Versuche von wissenschaftlich brauchbarem Werthe ließen solange auf sich warten, weil ihre Ausführung mit ungemeinen Schwierigkeiten verbunden ist. Alles Experimentiren am lebendigen Körper schließt sogleich den Einwurf ein, daß durch das Experiment selbst schon in das natürliche Verhältniß störend eingegriffen und dadurch ein unzuverlässiges Resultat erlangt werde. Welche

Hindernisse stellen sich z. B. der genauen quantitativen Untersuchung des Athmungsprocesses entgegen! Denn bringen wir zu diesem Zwecke Thiere und Menschen in abgeschlossene Behälter, so ändern wir hierdurch schon die Bedingungen, unter welchen das Athmen gewöhnlich stattfindet. Nur durch Umänderung der untersuchenden Methode, indem verschiedene Wege zur Aufklärung derselben Erscheinung eingeschlagen wurden, gelang es in vielen Fällen, ganz genaue Resultate zu erhalten oder doch die Beobachtungsfehler in so bestimmte Grenzen einzuschließen, daß man der Wahrheit in hohem Grade nahe gekommen ist.

Zur Feststellung des chemischen Antheils an den Lebenserscheinungen werden hauptsächlich die folgenden vier Methoden in Anwendung gebracht, die wir in Uebereinstimmung mit Lehmann in seinem „Lehrbuch der physiologischen Chemie" nachstehend bezeichnen wollen: die qualitative und quantitative analytische Voruntersuchung, die physiologisch-experimentelle Methode, die statistische Methode und endlich die vergleichend analytische Methode.

Die erste Frage ist natürlich die: aus was besteht der Pflanzen- und Thierkörper und in welchen Verhältnissen? Erst mit der größern Ausbildung der organischen Analyse durch Liebig konnten hier befriedigendere Antworten erhalten werden. Eine Menge von Stoffen, die in größerer oder geringerer Masse in den organisirten Körpern angetroffen werden, wie Zucker, Pflanzensäuren, Stärke, Pflanzenbasen, Milchsäure, Harnsäure, Harnstoff, Kreatin, Fette, sind in ihrer chemischen Zusammensetzung aufs genaueste bestimmt worden. Allein bei vielen andern, zum Theil der wichtigsten Stoffe, sind wir nur in annähernder Kenntniß über ihre quantitative Zusammensetzung. Es sind dies solche, die nicht, wie die oben genannten, durch ihre Krystallisirbarkeit oder durch sonstige Eigenschaften rein darzustellen sind.

Die eiweißartigen Stoffe, die in den Organismen eine so wichtige Rolle spielen, bieten in dieser Beziehung große

Schwierigkeiten dar. Viele Substanzen lassen zwar ihre Anwesenheit durch Geruch, Geschmack oder Farbe erkennen, allein ihre Menge ist so gering, ihre Isolirung so unthunlich, daß auf nähere Bestimmung vorerst noch verzichtet werden muß. Ein weiterer Umstand, welcher diese Untersuchungen erschwert, ist der, daß die Methoden der Abscheidung und Reindarstellung solcher organischer Substanzen leicht schon verändernd auf den Gegenstand einwirken, sodaß leicht die Frage entsteht, ob das Untersuchte identisch mit dem im Thierkörper enthalten gewesenen Stoff oder nicht vielmehr bereits ein chemisches Zersetzungsproduct desselben geworden ist.

Nehmen wir als Beispiel nur die chemische Untersuchung des Bluts, welches Wasser, Eiweiß, Faserstoff, Blutkügelchen, Fett, phosphorsaure Salze, gasförmigen Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure enthält, so begegnen wir den größten Schwierigkeiten, hier vollkommen genaue Bestimmungen zu erhalten, da in dem Momente, wo wir diese Flüssigkeit dem Organismus entnehmen, der Sauerstoff der Atmosphäre und die Zersetzung ihrer Bestandtheile unter sich verändernd auf dieselbe einwirken.

Nichtsdestoweniger hält man sich durch die bisherigen Untersuchungen über die elementare Zusammensetzung der organisirten Körper im Ganzen für hinreichend orientirt, um einige der wichtigern allgemeinen Fragen beantworten zu können.

Eine weitere Reihe von Versuchen sind die physiologisch-experimentellen an lebenden Thieren und Pflanzen. Dieselben können in verschiedener Weise angestellt werden. Zunächst stellt man sich die Aufgabe, die Veränderungen, von welchen gewisse Lebensprocesse begleitet sind, zu verfolgen, ohne irgend auf die Verrichtung des betreffenden Organs anders einzuwirken, als daß seine Thätigkeit in bestimmten Zeitpunkten unterbrochen und das Ergebniß davon untersucht wird. Auf diese Weise läßt sich z. B. die im bebrüteten

Ei, im keimenden Samen vorgehende chemische Veränderung verfolgen, sowie das Voranschreiten des Verdauungsprocesses. Ein anderes Verfahren besteht darin, daß dem Thiere oder der Pflanze entweder ungewöhnliche Nahrungsmittel oder gewöhnliche unter besondern Umständen gereicht werden, z. B. wenn Gänse nur mit Fleisch, Hunde ausschließlich mit Fett oder mit Stärke gefüttert werden, wenn Pflanzen in ganz humusfreiem Boden oder in reinem Humus erzogen werden. In erstere Reihe gehören die ausgezeichneten Versuchsreihen von Tiedemann und Gmelin, die wir um so höher anschlagen, als bei denselben, neben andern Schwierigkeiten, das gegen grausam erscheinende Thierquälerei sich auflehnende Gefühl zu überwinden war, welches ein Haupthinderniß der Vervielfältigung derartiger Untersuchungen ist.

Es gehören hierher ferner die Versuche, die geradezu mit chirurgischen Eingriffen in den Thierkörper verbunden sind, wie z. B. Anlegung künstlicher Magenfisteln an Hunden, um durch diese Oeffnungen von Zeit zu Zeit den Magensaft oder die Producte seiner Einwirkung herausnehmen zu können, oder die Beseitigung gewisser Organe, wie z. B. der Nieren, der Milz, der Gallensecretion, um aus den jetzt abweichenden Erscheinungen Schlüsse auf ihren naturgemäßen Einfluß zu ziehen.

Aus dem Gebiete der Pflanzenphysiologie ist hier an die vielfachen Versuche zu erinnern, Pflanzen in gewissen Stoffen von bekannter chemischer Beschaffenheit, z. B. in Schwefelblüte, Quarzpulver, reinem Kohlenpulver u. s. w., zu erziehen; oder den Wurzelfasern derselben Auflösungen gewisser Stoffe darzubieten, wie Ammoniak, Farbstoffe, Salze, organische und unorganische Gifte. Auch van Helmont's schon früher beschriebener Versuch ist hier einzureihen.

Fast alle Untersuchungen der angeführten Art sind theils kostspielig, theils mit großen Schwierigkeiten und Unannehmlichkeiten in der Ausführung verknüpft und haben bei den mehr oder minder gewaltsamen Eingriffen in den Organis-

mus nur einen bedingten Werth. Schlüsse aus denselben sind mit aller Umsicht zu ziehen und nur mit Vorsicht zu allgemeiner Bedeutung zu erheben.

Umsomehr empfiehlt sich diejenige chemische Untersuchungsmethode, welche passend als die statistische bezeichnet wird. Wir glauben über die innere Wohlfahrt eines Volks, sowol was das gemeine Bedürfniß als auch die feinern und geistigern Genüsse desselben betrifft, sowie überhaupt über die Bedeutung seines ganzen innern Lebens einen sehr maßgebenden Anhaltepunkt zu haben, wenn aus sichern statistischen Angaben uns bekannt geworden, wie groß die Bevölkerung und Besteuerung des Landes ist, was es producirt, wie viel es davon ausführt, was und wie viel es vom Auslande einführt. Es zeigt sich hierbei, daß, während es oft ganz unmöglich ist, den Einfluß irgendeiner Maßregel auf einzelne Gewerbe oder Producte für sich richtig zu würdigen, und gleich viel Gründe für und gegen dieselbe sich geltend machen, eine Auffassung der Gesammtverhältnisse auf einmal jene Frage in das entscheidende Licht stellt, ihren ganzen Werth oder Unwerth deutlich hervortreten läßt. Mit Recht erwarten wir von einer weitern Ausbildung der Statistik, namentlich für Deutschland, die nothwendigste Grundlage zur Würdigung international-ökonomischer Fragen.

Auf diesen Standpunkt der Thier- und Pflanzenwelt gegenüber stellte sich insbesondere Liebig. Wo das Resultat im Einzelnen nicht zu verfolgen, nicht sicher festzustellen war, da wendete er sich an ein Ganzes. Statt des Baums, des Halms für sich, betrachtete er den Wald, die Wiese und ihre Functionen im großen Ganzen. Anstatt die Resultate des Athmungsprocesses durch das Athmen während einzelner Stunden oder Tage zu bestimmen, mit allen den Schwankungen, die durch Alter, Geschlecht, Stimmung u. s. w. veranlaßt werden, suchte er aus der Speisezufuhr ganzer Haushaltungen, Kasernen und Strafanstalten zu bestimmen, wie viel Kohlenstoff täglich ein Mann durchschnittlich verzehrt

und wie viel hiervon nach Abzug der übrigen Secretionen auf den Austritt als Kohlensäure durch die Lunge kommt.

Auf eine ähnliche Weise suchte derselbe Chemiker nachzuweisen, daß im Ganzen die in der Atmosphäre enthaltene Kohlensäure es ist, von welcher alle Vegetation ihren Kohlenstoffgehalt bezieht. Er berechnete, was dem cultivirten Ackerboden an Kohlenstoff jährlich mit der Ernte genommen und was demselben im Dünger zugeführt wird; er zeigte namentlich, daß Rieselwiesen jahrhundertelang viele Centner von Kohlenstoff jährlich ausführen, ohne jemals dafür einen andern Ersatz erhalten zu können, als den aus der Atmosphäre genommenen.

Wenn Liebig's Ausführungen in diesem Sinne, die er noch auf weitere Fragen ausdehnte, nicht immer die vollste Schärfe und ganze Zuverlässigkeit haben, so liegt dies hauptsächlich daran, daß ihm fast überall das statistische Material fehlte, als er seine geniale Uebersicht zu gewinnen suchte; er befand sich in ähnlicher Lage wie List, dem zur Beleuchtung der deutschen nationalökonomischen Fragen fast durchgehends die Hauptsache fehlte — zuverlässige statistische Angaben und Vorarbeiten.

Mit ganz vorzüglichem Erfolg, mit einer Umsicht und Sorgfalt, die als Muster für Untersuchungen dienen, verfolgte den eingeschlagenen Weg Boussingault, der, ausgerüstet mit chemischen Kenntnissen und im Besitze eines schönen Landguts, ganz in der Lage sich befindet, mit Erfolg an der Lösung dieser verdienstvollen Aufgabe sich zu betheiligen. Unter seinen Arbeiten sind hauptsächlich diejenigen hervorzuheben, in welchen er den Werth des verschiedenen Futters und insbesondere das Verhältniß des Stickstoffgehalts desselben zur Ernährungsfähigkeit zu bestimmen sucht.

Endlich haben wir als letzte der physiologisch-chemischen Methoden die vergleichend analytische oder die Methode der Analogie anzuführen, in welcher ebenfalls Liebig die Rich-

tung angedeutet und durch seine Schule verfolgt hat. Sie besteht in Folgendem: Wir sehen, wie vom lebendigen Thier- und Pflanzenkörper mancherlei Stoffe von uns bekannter Zusammensetzung aufgenommen werden, in demselben eine chemische Zersetzung erleiden, und es sind uns auch die aus letzterer hervorgehenden Endproducte bekannt. So z. B. sind Kohlensäure und Wasser die Endproducte der Zersetzung aller Stoffe, welche das Athmen unterhalten, wie der Stärke, des Zuckers, der Fette. Dasselbe Endresultat ergibt sich, wenn diese Stoffe in freier Luft oxydirt, d. i. verbrannt werden. Allein im Blute, in welchem die Oxydation jener Stoffe vorgeht, scheint dies keineswegs so direct zu geschehen, wie bei der Verbrennung in freier Luft. Liebig ist vielmehr der Ansicht, daß die Einwirkung des Sauerstoffs nur eine allmälige sei, daß er zunächst, mit Antheilen des Wasserstoffs jener Substanzen sich verbindend, eine Reihe von immer sauerstoffreichern und wasserstoffärmern Verbindungen darstelle, bis als Endwirkung nur Kohlensäure und Wasser sich ergebe. Eine weitere Frage ist die, ob die stickstoffhaltigen, eiweißartigen Nahrungsmittel geeignet seien, in Thierkörpern zur Fettbildung verwendet zu werden.

Da beide Fragen sich nicht durch directe Verfolgung der Umsetzung im Thierkörper selbst entscheiden lassen, so wurden einerseits Fette und andererseits eiweißartige Stoffe einer langsam oxydirenden Einwirkung ausgesetzt und dabei Resultate erhalten, welche zu einer Unterstützung der oben geäußerten Ansicht dienen können.

Im Pflanzenkörper gehen ebenfalls gewisse Umsetzungen vor, die eine ähnliche Verfolgung außerhalb desselben wünschenswerth machen. Am bekanntesten ist der Uebergang der Stärke in Zucker beim Keimen der Getreidekörner, der Säuren in Zucker und Schleim beim Reifen und Ueberreifen der Früchte.

Vergleichen wir die Art und Weise, wie die gegenwärtige Chemie die Lebensfragen der Physiologie im doppelten

Sinne des Worts zu lösen sucht, mit den willkürlichen Annahmen und einseitigen und planlosen Versnchen der frühern Perioden, so unterliegt es keinem Zweifel, daß der eingeschlagene Weg zu noch weitern erfolgreichen Aufklärungen in diesem Gebiete führen muß. Wie sehr man gerade hier der Belehrung und dem Verständniß begierig entgegensieht, beweist die ungemeine Theilnahme, mit welcher die Schriften von Liebig, Schleiden und Mulder, sowie die damit verbundenen Streitschriften vom großen Publicum aufgenommen worden sind. Gerade jene Erörterungen über Ernährung, Werth und Rolle der Nahrungsmittel für Thier und Pflanze waren es, die auch außerhalb der wissenschaftlichen Kreise das Interesse für die Chemie erregten, welche sich für berechtigt hält, in diesen Fragen die entscheidende Antwort zu ertheilen.

Auch hat es nicht an vielfachen Bemühungen gefehlt, diese allgemein wichtigen Thatsachen in allgemein verständlicher Weise darzustellen, und indem wir hier nur Liebig's „Chemische Briefe" und Schleiden's Schrift: „Die Pflanze und ihr Leben", hervorheben, erwähnen wir nur noch als Curiosum, daß in England, dem Lande der praktisch gewordenen Ideen, unter dem Namen „Liebig's Welt" ein Mikrokosmus angekündigt und vorgezeigt wird, der bestimmt ist, die Wechselwirkung und den Kreislauf zwischen Thier, Pflanze und unorganischer Materie augenfällig darzustellen. Es besteht aber diese kleine Welt aus einer hohlen Glaskugel, die verschlossen ist und in welcher sich Luft, Wasser, eine Anzahl Wasserpflanzen und Wasserschnecken, sowie einige kleine Fische befinden, die sich gegenseitig zum Unterhalt dienen, unabhängig von der großen Außenwelt, nachstehenden theoretischen Folgerungen gemäß: Die Wasserpflanzen finden theils im Wasser ihre Ernährungsstoffe, theils entnehmen sie der Luft Kohlensäure und geben ihr Sauerstoff zurück; die Schnecken, als Vertreter der pflanzenfressenden Thierwelt, ernähren sich von jenen Wasserpflanzen und dienen ihrerseits

den Fischen, die als Fleischfresser auftreten, zur Nahrung. Den eingeschlossenen Thieren dient der von den Pflanzen ausgeschiedene Sauerstoff, den Pflanzen dagegen die von jenen ausgeathmete Kohlensäure, sowie die Zersetzungsproducte ihrer Excremente als Lebensmittel. Ist auch das Ganze nur eine Spielerei zu nennen — denn Niemand wird es im Ernste einfallen, daß in so kleinem Maßstabe die nothwendigen Verhältnisse zum wechselseitigen Bestehen der Naturreiche zu treffen und für die Dauer zu erhalten seien —, so läßt sich doch eine dadurch gegebene Veranschaulichung des Kreislaufs innerhalb und zwischen der organischen und unorganischen Natur nicht verkennen.

Gelangen wir nun mit Hülfe der Chemie, unter Mitwirkung der Anatomie und Physik, zu einer immer klarern Einsicht über die Erscheinungen des Lebens, so ist hierin die erste und wichtigste Grundlage für eine rationelle Medicin gegeben. Denn nur wer mit dem Material, dem Bau und der Verrichtung jedes einzelnen Theils eines complicirten Mechanismus vertraut ist, befindet sich in der Lage, die Quelle abweichender Erscheinungen und regelwidriger Thätigkeit desselben zu erkennen und Abhülfe für dessen Beseitigung aufzusuchen. Daher hat denn ein Theil der Mediciner die neuere physiologische Chemie mit großer Begeisterung aufgenommen und Manche haben an ihre Erfolge überschwängliche Erwartungen geknüpft. Allein die Entdeckungen der Chemie werden der Medicin weniger durch ihre unmittelbare Anwendbarkeit nützlich sein, als vielmehr dadurch, daß sie mit dazu beitragen, in der Medicin die echte naturwissenschaftliche Methode mehr zu verbreiten und zu befestigen, den Dogmatismus zu beseitigen und jenem Hang entgegenzuwirken, dunkle Fälle mit geheimnißvollen Phrasen und Kräften aufzuklären. Wir dürfen uns schon glücklich schätzen, wenn bei großen Entdeckungen zunächst nur die allgemeine Intelligenz gewinnt; denn die Anwendung ins Einzelne, der Nutzen fürs Geschäft stellt sich mit der Zeit von selbst ein.

Nur Aerzte, die ausschließlich das Letztere im Auge haben, weisen die Chemie, indem sie in medicinischen Fragen das Wort ergreift, zurück, ja verfolgen ihre Bemühungen mit Verachtung und Spott, weil sie ihnen nicht gleich für jeglichen Fall ein Recept anzubieten vermag.

Handgreiflicher und darum allgemeiner anerkannt sind die Dienste, welche die Chemie der Materia medica, dem Arzneischatz, geleistet hat. Nicht allein die Entdeckung energisch wirksamer Stoffe, wie des Jods, Broms, des Chinins, Morphins und der übrigen Alkaloide, erwirkt hier der Chemie ein unbestrittenes Verdienst, sondern es dient auch ihr analytisch geschärfter Blick zur Beseitigung vieler Mittel von unsicherer Beschaffenheit, zur Prüfung der Güte und Reinheit anderer und zur Vermeidung von Mischungen, die gegenseitig zersetzend aufeinander wirken. Sie trifft hierin glücklich mit dem in der Medicin rege gewordenen Streben nach Vereinfachung zusammen.

Eine andere Seite, nach welcher hin die chemischen Resultate sich wol am ersten und allgemeinsten in praktischer Anwendbarkeit bewähren dürften, ist die Diätetik. Wer die Unsicherheit kennt, mit welcher Aerzte Speisen anordnen oder verbieten und der dabei vorkommenden Widersprüche gedenkt, wird dankbar die Untersuchungen verfolgen, die auf Bestimmung des Werths der verschiedenen Nahrungsmittel von Seiten der Naturforscher gerichtet worden sind.

Indem wir diese der heilenden Medicin geleisteten Dienste der Chemie anführen, ist zugleich das fördernde Verhältniß derselben zur Pharmacie dargestellt. Die Präparate des Apothekers erhalten durch die Fortschritte der Chemie nicht nur eine größere Zuverlässigkeit, sondern auch geringere Preise. Hervorzuheben ist, daß aus den Reihen der Pharmaceuten selbst in dieser Richtung sehr verdienstvolle Arbeiten fortwährend hervorgehen, indem die Chemie als wichtigste Grundlage ihres Fachs anerkannt wird.

Als eine besondere Abzweigung chemischen Wissens ist

in neuerer Zeit die Lehre von den Giften unter dem Namen der **Toxikologie** zu einem Fache ausgebildet worden, welche bestimmt zu sein scheint, als gerichtliche Chemie eine ähnliche Bedeutung zu erlangen wie die gerichtliche Medicin. Die Aufgabe der Toxikologie ist eine möglichst genaue Kenntniß derjenigen Substanzen, die eine giftige Wirkung auf den Organismus äußern, sowol in der Absicht, ihre Anwesenheit in demselben schnell und sicher zu entdecken, als auch die geeigneten chemischen Mittel nachzuweisen, um ihre Wirkungen aufzuheben.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß die Leichtigkeit, das Verbrechen zu verbergen, geeignet ist, die Begehung desselben hervorzurufen. Ist jedoch eine Methode vorhanden, welche die dem Tode vorhergegangene Vergiftung ebenso sicher und unzweifelhaft nachweist, wie die Obduction das Eindringen eines Mordstahls in die edeln Organe, dann bleibt der Vergiftung ein wesentlicher Theil der Leichtigkeit genommen, welche sie dem Verbrechen bietet. Bei der Mehrzahl der Gifte ist es in der That der Chemie gelungen, selbst unglaublich geringe Mengen, auch unter den schwierigsten Umständen, aufzufinden und nachzuweisen, und namentlich gelang dies in Beziehung auf den Arsenik, der bei weitem das gebräuchlichste Mittel zur verbrecherischen oder freiwilligen Vergiftung abgibt.

Größere Schwierigkeiten bieten einige organische Gifte dar, wie das Wurstgift, das indische Pfeilgift, das Wuthgift und andere. Allein daß auch hier die Chemie schon wichtige Dienste leistet, mag ein interessantes Beispiel zeigen, welches unlängst in England die öffentliche Aufmerksamkeit in hohem Grade erregte.

Gegen das Product einer der ungeheuern Brauereien Englands, die das sogenannte **bittere Bier** (pale ale) erzeugt, erhob sich das Gerücht einer Verfälschung dieses Getränks durch **Strychnin**, ebenso beunruhigend für die Con-

sumenten als nachtheilig für den Producenten jenes Biers. Der Letztere foderte daher die Professoren Graham und Hoffmann zu einer chemischen Untersuchung des Biers auf, und es ist interessant, an einem so populären Gegenstande die verschiedenen Methoden der Untersuchung in Anwendung gebracht zu sehen, wie den directen Beweis, den Gegenversuch, den indirecten Beweis und die Analogie.

Das Strychnin, eins der furchtbarsten organischen Gifte, wovon ein halber Gran tödtlich wirkt, soll angeblich als Ersatzmittel des Hopfenbitters verwendet werden. Die beiden Chemiker ermittelten daher vorerst, daß auf je eine Gallone Bier ein Gran Strychnin nöthig wäre, um demselben seinen erfoderlichen bittern Geschmack zu verleihen. Da jene Brauerei jährlich ungefähr 72 Millionen Gallonen Biers erzeugt, so würde sie etwa 16000 Unzen Strychnin, im Werthe von 157000 Gulden, hierzu nöthig haben. Nun läßt sich aber aus Thatsachen annehmen, daß es zweifelhaft ist, ob überhaupt mehr als 1000 Unzen Strychnin in der ganzen Welt producirt werden. Dies ist also bereits ein indirecter Beweis der Unwahrscheinlichkeit einer solchen Fälschung.

Genauere Vergleichung zeigt ferner einen wesentlichen Unterschied im Geschmack des Hopfenbitters und in dem des Strychnins; allein in der Chemie hat keineswegs, wie in der Mode, der Geschmack eine entscheidende Stimme.

Am wichtigsten ist der directe Beweis. Man kann nämlich noch ein Tausendstel Gran Strychnin daran erkennen, daß es, mit verdünnter Schwefelsäure befeuchtet, den Krystallen des chromsauern Kali eine schöne violette Farbe ertheilt. Einer halben Gallone Bier wurde nun absichtlich ein halber Gran Strychnin zugesetzt und versucht, ob diese Substanz daraus wieder abzuscheiden und zu erkennen sei. Nachdem dies wiederholt und mit vollster Sicherheit gelungen war, wurden nun eine Reihe von Proben des in Verruf gebrachten Biers, die aus den verschiedensten Schenk-

häusern abgeholt waren, demselben Verfahren unterworfen, ohne eine Spur von Strychningehalt erkennen zu lassen.

Endlich wird noch auf die größere Wohlfeilheit anderer Bitterstoffe, z. B. der Quassia, hingewiesen, die an Geschmack dem Hopfen ähnlicher sind als das metallisch bitter schmeckende Strychnin, und hervorgehoben, daß auch noch geringere Mengen von Strychnin, als oben angenommen wurde, namentlich bei wiederholtem Genuß des Biers, dessen eigenthümliche, von heftigen Symptomen begleitete Vergiftungserscheinungen hätten hervorrufen müssen.

Jene Chemiker erklärten daher das Bier des Herrn Allsopp zu Burton am Trent für frei von schädlicher Beimischung; und die Art ihrer Beweisführung mußte auch für den Laien vollkommen überzeugend und beruhigend sein.

3. Verhältniß der Chemie zur Zoologie und Botanik.

Die systematische Naturgeschichte bietet allerdings keine Beziehungen zur Chemie dar, und solange die Wissenschaft der Zoologie und Botanik nur in einer äußerlichen Beschreibung und Classification bestand, eine Richtung, die noch bis in die zwanziger Jahre dieses Jahrhunderts die vorherrschende war, schlossen sich Chemie und Naturgeschichte gegenseitig vollständig aus. Erst von der Zeit an, wo das Systematisiren in diesen Wissenschaften sich erschöpft hatte, wo es bereits anfing, in Spielerei mit neuen Namen, Ordnungen und Classen auszuarten, zeigte sich zugleich der Drang nach einer andern Seite des naturgeschichtlichen Gebiets. Lebhaft machte sich jetzt fühlbar, daß eine bloße Kenntniß unendlicher Formen und ihre Uebersicht nur ein höchst beschränkter Theil des in der organischen Welt gebotenen Wissenswerthen darstelle, daß der Pflanzen- und Thierkundige nicht nur sich Rechenschaft zu geben habe von der fertigen Erscheinung, sondern vom Werden, Wachsen und Wechsel im organischen Körper, mit Einem Worte von dem Leben derselben.

Von diesem Zeitpunkte an sehen wir daher die Anatomie der Pflanzen und Thiere, die Entwickelungsgeschichte mit neuem Eifer ergriffen, und bei Erörterung der physiologischen Fragen kommen denn auch Botaniker und Zoologen mit der Chemie in Berührung. Wie empfindlich denselben sich hierbei der Mangel chemischer Kenntnisse macht, davon geben mehrfache Erscheinungen der Literatur ein schlagendes Beispiel.

So finden wir in einer noch **1837** in dritter Auflage erschienenen Forstbotanik unter Anderm folgende Sätze über das Wachsen der Pflanze:

4) „Das Erdige, zusammengesetzt aus Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff, ist ein Hauptbestandtheil der Pflanze. Weil jedoch der Kohlenstoff als die Grundlage der Erde, als Element erscheint, so ist dieser die unentbehrliche Nahrung für die Pflanzen; darum sind auch alle Pflanzen verbrennlich und verwandeln sich durch Verbrennen in Kohle. Im luftförmigen Zustande (als Gas) ist der Kohlenstoff nicht rein, sondern mit dem Sauerstoff als kohlensaures Gas (Kohlensäure, Ursäure, wie Schwere die Urkraft ist) verbunden, und diese Kohlensäure ist ja so ungemein günstig den Pflanzen."

5) „Das Wasser ist der sichtbarste Bestandtheil (oft zwei Drittel) der Pflanzen, sodaß ohne dasselbe ebenfalls keine Pflanze möglich ist. Da mithin das Wasser hauptsächlich aus Sauerstoff, etwas von sogenanntem Wasserstoff und einem Minimum von Kohlenstoff besteht, so stellt der Sauerstoff die Grundlage des Wasserelements dar. Ohne den Sauerstoff keimt nicht einmal ein Samen, geschweige daß eine Pflanze ohne ihn wachsen könnte."

6) „Durch die Luft, als Element, wird beim Einathmen jedes Leben der Pflanzen (und Thiere) erhalten, und wenn durch ihre Einwirkung wegen ihrer großen Leichtigkeit auch die Pflanzenmasse nicht sehr vergrößert wird, so müssen zum Belebtsein doch alle Theile von ihr stetig durchdrungen

und umgeben sein. Die Grundlage der Luft ist das Stickgas, da dies aber nicht einfach, sondern mit dem Sauerstoff gemengt erscheint, welche luftförmige Verbindung dann Wasserstoff genannt wird (weil sie beim Zersetzen des Wassers in einer glühenden eisernen Röhre entsteht), so kann man sagen, die Luft besteht aus Sauerstoff, Wasserstoff (Stickstoff) und Kohlenstoff, und der Wasserstoff macht einen wesentlichen Bestandtheil der Pflanzen aus."

Es reicht aber schon das Vertrautsein mit Dem hin, was wir früher von den Grundzügen der Chemie, namentlich über die Zusammensetzung des Wassers mitgetheilt haben, um einzusehen, daß jene angeführten Sätze fast so viele Unrichtigkeiten als Worte enthalten, daß dem Verfasser die Chemie auf der Stufe, die sie bereits im Jahre 1837 erreicht hatte, gänzlich fremd geblieben sein muß.

Als nun von Seiten mehrer Chemiker diese physiologischen Fragen vom chemischen Standpunkte aus erörtert, als Leben, Ernährung und Wachsthum der Pflanzen in ihren Beziehungen zu den chemischen Elementen und den denselben innewohnenden Kräften darzustellen versucht wurden, zeigte sich der Umstand, wie viele jener rein in System und Nomenclatur aufgegangenen Botaniker und Zoologen gar nicht im Stande waren, diese Arbeiten zu verstehen. Ja dieselben erhoben sogar Klagen über das Eindringen unberufener Chemiker in das Gebiet der organischen Natur.

Glücklicherweise fehlt es jedoch nicht an ausgezeichneten Botanikern und Zoologen, welche die große Bedeutung der chemisch-physiologischen Arbeiten erkannten, kritisch läuterten und, der Chemie als Hülfswissenschaft die Hand reichend, den Weg verfolgten, der allein zur richtigen Erkenntniß der Lebenserscheinungen führt.

Aber auch die systematische Botanik kann ein Hülfsmittel, namentlich zur Gruppirung ihrer natürlichen Familien, an der Chemie haben. Berzelius macht schon in seinem 1828 erschienenen großen Lehrbuche in dieser Hinsicht die

folgende Bemerkung: „Wahrscheinlich sind in den Pflanzen der gleichen natürlichen Pflanzengruppen gemeinschaftliche Bestandtheile enthalten und in den Unterabtheilungen dieser wieder andere, für jede Unterabtheilung gemeinschaftliche, und es ist wahrscheinlich, daß diese Stoffe in dem Ganzen in einem bestimmten Verhältnisse zu dem natürlichen Pflanzensysteme stehen, welches demnach die sicherste wissenschaftliche Grundwahl für die Aufstellung der speciellern chemischen Producte des Pflanzenreichs abgeben würde. Aber die Wissenschaft ist noch nicht zu dem Grade von Entwickelung gekommen, daß sich auf das natürliche System etwas bauen ließe, denn die Anzahl von untersuchten Pflanzen und entdeckten Stoffen ist so gering, daß der wissenschaftliche Zusammenhang zwischen den zerstreuten Theilen noch gänzlich fehlt."

Im Ganzen sind jedoch wenig chemische Arbeiten in dieser Richtung unternommen worden. Die Chemiker griffen bei ihren Untersuchungen zunächst nach denjenigen Pflanzenstoffen, die durch auffallende Eigenschaften schon längst als Nahrungs- oder Arzneimittel, als Farbestoffe oder sonst irgendwie in Gebrauch und Verkehr aufgenommen waren. Hierbei beschränkte sich sogar in der Regel ihre Aufmerksamkeit nur auf diesen zunächst interessirenden Theil, z. B. die Rinde der Chinabäume, den Samen der Kaffeepflanzen u. s. w., ohne auf die chemischen Verhältnisse der übrigen Pflanzentheile Rücksicht zu nehmen. Von hier aus führte dann die Analogie zu weitern Untersuchungen, die von manchen Entdeckungen gefolgt waren. Nachdem als eine charakteristische Eigenschaft der Pflanzenbasen, des Chinins, Morphins u. s. w., ein starker und rein bitterer Geschmack erkannt worden war, warf sich die Untersuchung auf viele bitter schmeckende Pflanzenstoffe, wie Weidenrinde, Wurzelrinde des Apfelbaums, Samen des Kleebaums u. s. w. Vom Geruch geleitet, entdeckte man, daß das Cumarin, der krystallisirbare Stoff der wohlriechenden Tonkabohne, auch im Ruchgras, im Steinklee

und im Waldmeister enthalten ist. Wir könnten diese Beispiele noch vermehren, welche zeigen, daß die Chemiker bei ihren Untersuchungen im Pflanzenreiche im Allgemeinen nicht von der Familienähnlichkeit der Pflanzen geleitet worden sind.

Ungeachtet der geringen Ausdehnung dieser Untersuchungen haben sich bereits mehre schon durch die gemeine Erfahrung angedeutete chemische Charaktere verschiedener Pflanzenfamilien so entschieden festgestellt, daß gerade hierdurch recht die Frage angeregt wird, ob nicht auch andere und alle Familien gewisse chemische Bestandtheile gemein haben. Wir finden z. B. in allen zur Familie der Nadelhölzer oder Coniferen gehörigen Individuen einen Gehalt an einem flüchtigen Oel, das aus Kohlenstoff und Wasserstoff besteht, an der Luft rasch Sauerstoff aufnimmt und in Harz übergeht, wie das bekannte Terpentinöl, das Wachholderbeeröl und andere. Alle Samen aus den Unterabtheilungen der großen Familie der Rosaceen, mit Steinfrüchten und Apfelfrüchten (Drupaceen und Pomaceen), enthalten Blausäure. In der großen Familie der Kreuzträger (Cruciferen), wohin unter Anderm Senf, Kresse, Rettig gehören, finden wir fast in allen Theilen der Pflanzen ein flüchtiges, schwefelhaltiges Oel enthalten. Wir könnten diese Beispiele noch vermehren und zeigen, wie viele durch ihre Form zu natürlichen Familien vereinigte Pflanzen auch eine auffallende Uebereinstimmung in chemischer Hinsicht darbieten. Allein es lassen sich bei weitem mehr Fälle anführen, wo ein solches Verhältniß nicht stattfindet. Manche chemische Stoffe, wie das Chinin, Morphin, finden sich ganz isolirt in einzelnen Pflanzen oder Geschlechtern, andere, wie das oben erwähnte Cumarin, sodann das Caffeïn mit dem ihm nahestehenden Theobromin, trifft man in Pflanzen an, die weit voneinander entfernten Familien angehören. Indigo, dieser kostbare blaue Farbestoff, ist am reichlichsten in der Indigofera enthalten, einer zur Familie der Hülsenträger (Leguminosen) gehörigen Pflanze; allein er findet sich auch in unserm Waid (Isatis tinctoria),

aus der Familie der Kreuzträger. Gegenwärtig wird in Frankreich der Vogelknöterich (Polygonum tinctorium) zur Indigogewinnung im Großen angebaut, der wieder einer andern Familie (Polygoneen) angehört.

Es bleibt also auf diesem Gebiete noch Vieles zu thun übrig und zahlreiche Arbeiten sind noch erfoderlich, um das Lückenhafte zu ergänzen. Es ist daher erfreulich, daß wir neuerdings mehren speciell in dieser Absicht unternommenen Untersuchungen begegnen, wie z. B. einer unlängst veröffentlichten Arbeit über die natürliche Familie der Rubiaceen, deren Glieder zum größern Theile Pflanzen von sehr allgemeinem Interesse sind, denn es gehören dahin der Kaffeebaum, die Brechwurz (Ipecacuanha), der Waldmeister, der Krapp und die Chinabäume. Als Resultat ergab sich, daß alle diese verschiedenen Pflanzen gewisse Säuren enthalten, deren Eigenschaften und Zusammensetzung in gegenseitiger, einfacher Beziehnng stehen. Der Verfasser spricht die Ansicht aus, daß, ähnlich wie in den natürlichen Familien des Mineralreichs, so auch in denen des Pflanzenreichs durch das Vorhandensein bestimmter Säuren der Hauptcharakter bedingt werde. Die seinerseits der Chemie für die systematische Botanik beigelegte Bedeutung drückt er in folgenden Worten aus: „Ich trage die Ueberzeugung in mir, daß die organische Chemie für die Botanik und Pflanzenphysiologie Das werden kann, was die unorganische Chemie für die Mineralogie und Geologie geworden ist, ein Hülfsmittel bei Diagnosen, ein Hülfsmittel bei Erklärungen von Erscheinungen, das vor unzähligen Irrthümern bewahrt. Es wird eine Zeit kommen, wo der Chemiker mit dem Worte Amentaceen genau so wie mit dem Worte Glimmer bestimmte Begriffe wird verbinden können, wo er im Stande sein wird, durch eine einfache chemische Formel diese Begriffe auszudrücken." *) Wenn dieses Ideal überhaupt je erreicht wer-

*) „Annalen der Chemie", Bd. 83, S. 82.

den kann, so müssen wir gestehen, daß wir bisjetzt noch weit von demselben entfernt sind!

4. Verhältniß der Chemie zur Mineralogie, Geognosie und Geologie.

Wir kommen hier zu einer Gruppirung von Wissenschaften, bestehend aus Chemie und Mineralogie, zwischen welchen von jeher eine offene und innige Freundschaft und Gemeinschaft bestand; und wie denn überhaupt aus solchen Verhältnissen Vortheil für beide Theile hervorzugehen pflegt, so haben Chemiker und Mineralogen sich gegenseitig ungemein genützt und gefördert. Wie manchen ausgezeichneten Forscher besitzen wir nicht, von dem es schwer ist zu sagen, ob er mehr Mineralog oder Chemiker sei, da er beide Wissenschaften in hoher Vollendung in sich vereinigt. Ja wir dürfen sagen, daß durch die von Seiten der Mineralogie an den Chemiker gestellten Fragen sich die ganze Methode der sorgfältigsten Analyse zu ihrem jetzigen Grade der Vollkommenheit ausgebildet hat.

Es fehlt indessen keineswegs an Versuchen, die Mineralogie nach anderm als chemischem Gesichtspunkte aufzufassen und zu systematisiren. Hauptsächlich ist es ein Kampf zwischen Form und Inhalt, zwischen der Krystallographie und Chemie, welcher längere Zeit mit wechselndem Glück um die Oberherrschaft in der Mineralogie geführt wurde und der endlich durch eine Art von Compromiß zu Ende gebracht wurde, nach welchem die Chemie im Vortheil bleibt, denn es ist ihr die gesetzgebende Grundlage zuerkannt, während der Krystallographie als vollziehender Gewalt eine angemessene Betheiligung an der äußern Anordnung überlassen ward. Das Mineralreich befindet sich seit dieser Constitution vortrefflich: es befestigt und erweitert fortwährend seine Macht und seine Grenzen.

Unter diesem Einfluß der Chemie sehen wir denn zunächst

eine Theilung des Stoffs in der Mineralogie sich bewerkstelligen: es wird als Oryktognosie die Betrachtung der ungemengten Minerale getrennt von dem Studium der Felsarten. Eine oryktognostische Sammlung ist nichts Anderes als eine Musterkarte der in der Natur sich findenden chemischen Verbindungen, und man legt den Exemplaren derselben einen um so höhern Werth bei, je mehr dieselben den Charakter reiner chemischer Verbindung an sich tragen, insbesondere eine wohlausgebildete Krystallform. Dieser Theil der Mineralogie läßt sich daher auch vollständig von der Chemie aufnehmen; und in der That: schlagen wir die neueste Ausgabe von Gmelin's Handbuch auf, so finden wir darin alle Gesteine aufgeführt, die jenen Eigenschaften entsprechen. Die Mineralogie wäre vollständig in der Chemie aufgegangen, wenn die Oryktognosie ihre alleinige Aufgabe wäre. Allein dies ist bekanntlich nicht der Fall. Blicken wir umher, so gehören wohlkrystallisirte Minerale, vergleichbar den schönen künstlich dargestellten Salzen in den Sammlungen der Chemiker, zu den Seltenheiten, während wir überall bald dem Flugsand, dem Gerölle und der Ackerkrume, bald den körnigen, schlackigen, zerklüfteten Felsmassen begegnen. Sogleich erkennt hier der Chemiker Verhältnisse, die sich seinen Auffassungen und Gesetzen entziehen und deren Verfolgung er dem Mineralogen überlassen muß. Die Schichtung, die Lagerung, die Reihenfolge der Massengesteine, ihre geographische Verbreitung und viele andere Fragen von allgemeinster Wichtigkeit sind Gegenstand der Geognosie. Wir sehen hier den Mineralogen auf seinem eigentlichsten Gebiete als Topograph des Erdballs auftreten und uns die im großen Ganzen gleichartige Bildung und Uebereinstimmung dieser Massen in vielen weit sich erstreckenden und weit voneinander getrennten Gegenden nachweisen. Ja ein tieferer Blick in die Gesteine führt den Geognosten weit ab von der Chemie und nähert ihn der Zoologie und Botanik. Es ist dies der Fall bei Betrachtung der zahllosen und mannich-

faltigen Versteinerungen von Pflanzen und Thieren, die in vielen Gesteinen vorkommen, deren Bedeutung für die Geschichte der Gesteinformationen so groß geworden ist, daß eigene Wissenschaftszweige, die Petrefactologie und Paläontologie, sich auszubilden begannen.

Nachdem endlich vom Geognosten Grund- und Aufriß der Erdkruste möglichst durchforscht und dargelegt ist, sucht er als Geolog den Plan herauszufinden, nach welchem der ungeheure Bau angelegt wurde; er sucht die Katastrophen zu erklären, die unverkennbar eingetreten sind, um in mehrfacher Wiederholung ein ursprünglich einfaches Gebäude theilweise zu zertrümmern; er zeigt endlich, wie neues Material und alte Trümmer mit- und ineinander zu abermaliger Befestigung der Erdoberfläche verwendet wurden.

Nichts überrascht so sehr den Chemiker, der sich eine Sammlung reiner chemischer Präparate als Ideal aufgestellt und nach rastlosem Arbeiten, Sammeln und Austauschen endlich dieselbe im blanken Glasschrein, mit schmucken Etiketten versehen, verwirklicht hat, als wenn ihm plötzlich, seinen zierlichen und glänzenden Krystallen gegenüber, derbe Stücke in schlichte, graue, braune und schwarze Farben gekleideter gemeiner Gesteine mit der Frage vorgelegt werden, was denn eigentlich an der Sache sei? Kaum daß diese Proletarier hier und da einen krystallinischen Anflug haben, gleichsam als Erinnerung an eine bessere Abkunft oder glänzendere Vergangenheit. In langer Verlegenheit wird indessen der Chemiker nicht verharren, sondern die betreffenden Minerale alsbald einer Analyse unterwerfen und je nach Umständen in einigen Stunden oder Tagen uns befriedigende Antwort ertheilen.

Legen wir dieselben Stücke, z. B. Kieselschiefer und Thonschiefer, gemeinen Kalk und Dolomit, feinkörnigen Granit und Syenit dem Mineralogen vor, so wird er sogleich uns Auskunft ertheilen über die chemischen Bestandtheile derselben; ja er wird trotz der großen äußern Aehnlichkeit von je

zweien derselben, wie des Kalksteins und Dolomits, diese dennoch sicher unterscheiden und erstern als kohlensauern Kalk, letztern als ein Gemenge von kohlensaurer Magnesia mit kohlensauerm Kalk bezeichnen. Der Mineralog folgt dabei gewissen äußern Merkmalen, welche das sonst geübte Auge des Chemikers gar nicht beachtete, Merkmale, die eine eigene, sogenannte Kennzeichenlehre bilden.

Allein auch dem Mineralogen können Proben vorgelegt werden, wo diese Hülfsmittel nicht ausreichen. Bei kleinen Bruchstücken, bei erdigen Mineralen fehlen ihm leicht die leitenden Kennzeichen. Oder es werde ihm Bleiglanz vorgelegt, mit der Frage, ob derselbe überhaupt und wie beträchtlich silberhaltig sei? Alsbald sehen wir den Mineralogen ein kleines, elegantes Besteck hervorziehen, daraus eine kleine Lampe entnehmen, sie anzünden und, mit einigen kleinen Geräthen hantirend, uns rasch eine befriedigende Antwort ertheilen, ob z. B. ein Thon Eisen oder Kalk enthalte, ob der Bleiglanz Silber führe und Anderes.

So zeigt uns denn das eben Vorgetragene, daß wir uns den Chemiker wol ohne mineralogische Kenntnisse denken können, obwol er es nicht sein sollte; daß dagegen ein Mineralog unter allen Umständen ohne chemische Kenntnisse nicht wird bestehen können. Freilich erkennt der Geognost sicher eine Felsart ohne chemische Analyse; allein ihre Bestandtheile sind früher durch Analysen bestimmt worden und zwar meist durch die von Mineralogen. Das oben angeführte Besteck enthält den sogenannten Löthrohrapparat, und die mit demselben vorgenommenen Experimente sind rein chemischer Natur. Der Mineralog arbeitet hier als höchst praktischer Chemiker, und gerade in diesem Gebiete verdanken wir ihm eine werthvolle Ausbildung eines Zweigs der analytischen Chemie, nämlich die sogenannte Untersuchung auf trockenem Wege. Die Leistungen des unscheinbaren Löthrohrs in geschickter Hand sind so überraschend, daß eine kurze Beschreibung desselben und Erklärung

der damit gewonnenen Resultate von großem Interesse sich erweist.

Jedermann kennt die Thatsache, daß der Schmied die Hitze seines Feuers erhöht und auf die Stelle concentrirt, wo er sein Eisen einlegt, durch Einblasen von Luft vermittelst des Blasebalgs. In kleinerm Maßstabe bedienen sich Gold- und Silberarbeiter, Uhrmacher und andere Metallarbeiter schon seit mehren Jahrhunderten zum Löthen eines ähnlichen Hülfsmittels. Die zu löthenden Stücke werden in die erfoderliche Lage gebracht, nöthigenfalls zusammengebunden; auf die zu löthende Stelle wird das leichter fließende Metall, das sogenannte Loth, gelegt, worauf man mittels einer kleinen, am Ende rechtwinkelig gebogenen Röhre von Messing durch die Flamme einer Kerze oder Lampe in der Weise bläst, daß die Spitze der Flamme umgebogen und auf das Loth geleitet wird. Die Temperatur der Flamme erhöht sich durch die eingeblasene Luft so beträchtlich, daß selbst sehr strengflüssige Metalle zum Schmelzen gebracht werden können.

Das Löthrohr ist zuerst und vorzüglich von schwedischen Mineralogen und Bergmännern zur Untersuchung der Minerale angewendet worden und seine Anwendung hat, nach der Ausbildung geschickter Handgriffe durch Gahn, ihre Vollendung durch die universelle Wissenschaftlichkeit von Berzelius erhalten. Zweck und Vortheil des Löthrohrs beruhen vornehmlich darin, daß es gestattet, selbst an sehr kleinen Proben eines Minerals, von welchem in der Regel Stückchen zu den Versuchen verwendet werden, nicht größer als ein Stecknadelkopf, sehr zuverlässige Versuche hinsichtlich ihrer Eigenschaften und Bestandtheile schnell und mit einfachen Hülfsmitteln zu machen, die ohne Unbequemlichkeit überall mit herumgeführt werden können. Ein Löthrohrbesteck enthält außer dem Löthrohr noch eine kleine Oellampe, einige Zängelchen, Platindrähte und Platinbleche, ein kleines Achatmörserchen und einige Schächtelchen, darin verschiedene

Salze enthalten sind. Fügen wir noch ein paar Glasröhrchen und ein Stück Kohle hinzu, so ist das Wesentlichste genannt.

Die Methode der Löthrohruntersuchung ist gegründet vorerst auf die Veränderung, welche die Körper beim Erhitzen für sich erleiden, sodann auf den Einfluß des dabei hinzutretenden Sauerstoffs der Luft, der oxydirend einwirkt, ferner auf die Einwirkung von Kohle, mit welcher der erhitzte Körper umgeben wird und die eine Sauerstoff entziehende, desoxydirende ist, sowie endlich auf das Verhalten der Probe gegen gewisse Salze, von welchen Soda, Borax und Phosphorsalz die gebräuchlichsten sind.

Das Löthrohr (Fig. 29) ist ungefähr einen Fuß lang, hat am einen Ende ein silbernes oder elfenbeinernes Mundstück a und endigt in einem rechtwinkelig abstehenden, etwa anderthalb Zoll langen Seitenfortsatz, dessen kegelförmig zulaufende Spitze h eine Oeffnung von der Stärke einer feinen Nadel besitzt. Beim Gebrauche wird das Löthrohr mit der rechten Hand gehalten und je nach Umständen entweder ganz nahe an die Flamme oder theilweise in dieselbe gebracht. Die Probe wird mit der linken Hand gehalten, entweder an einem Häkchen von Platindraht oder mittels einer Platinzange, oder auf ein Stückchen Kohle gelegt (Fig. 30).

Fig. 29.

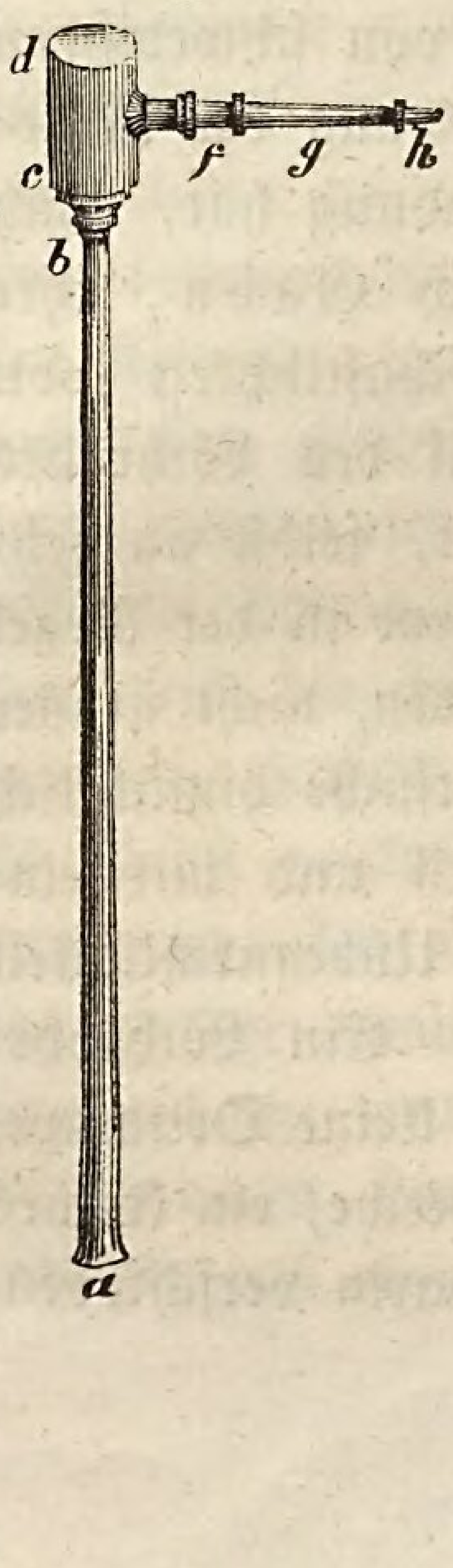
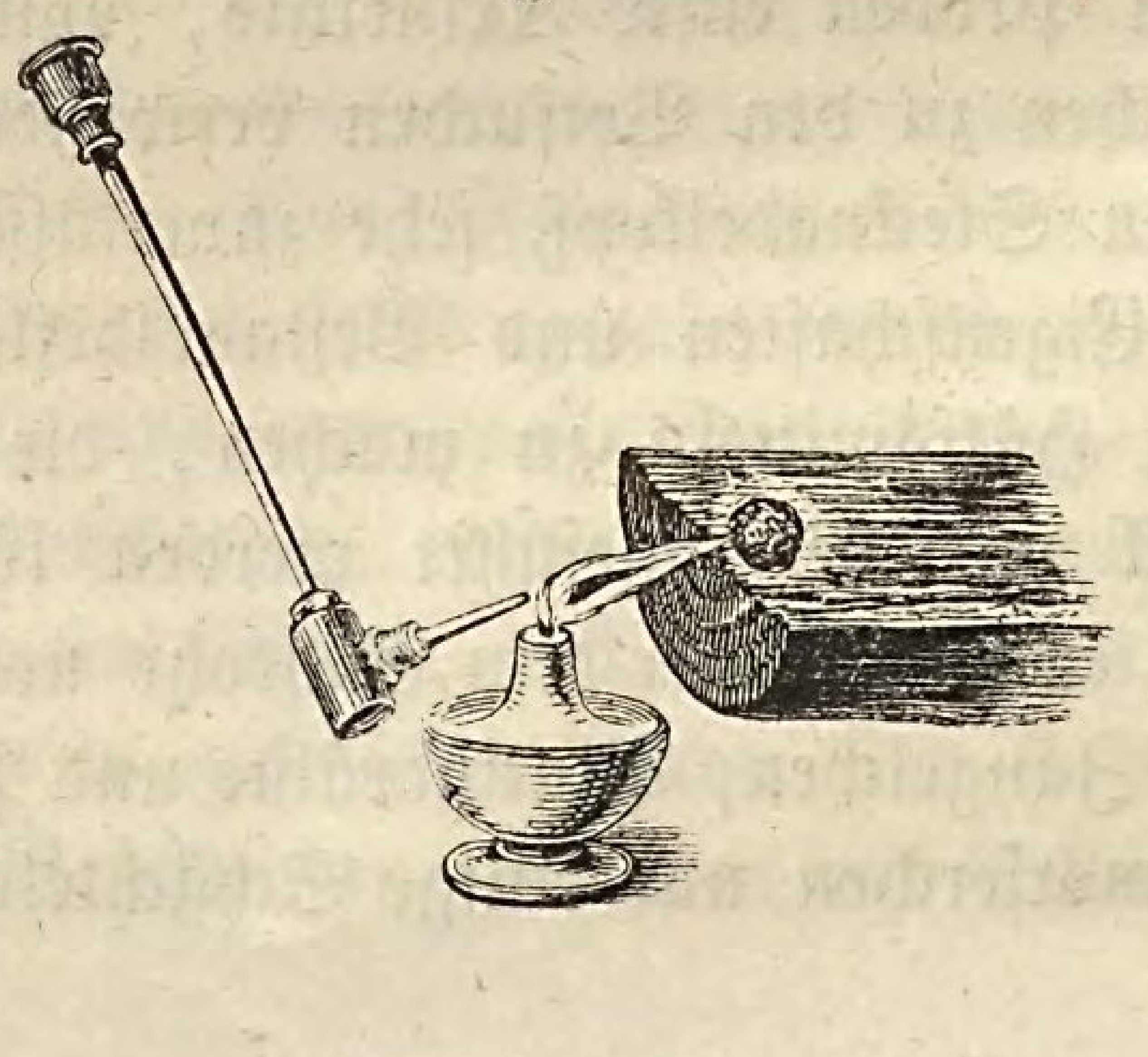


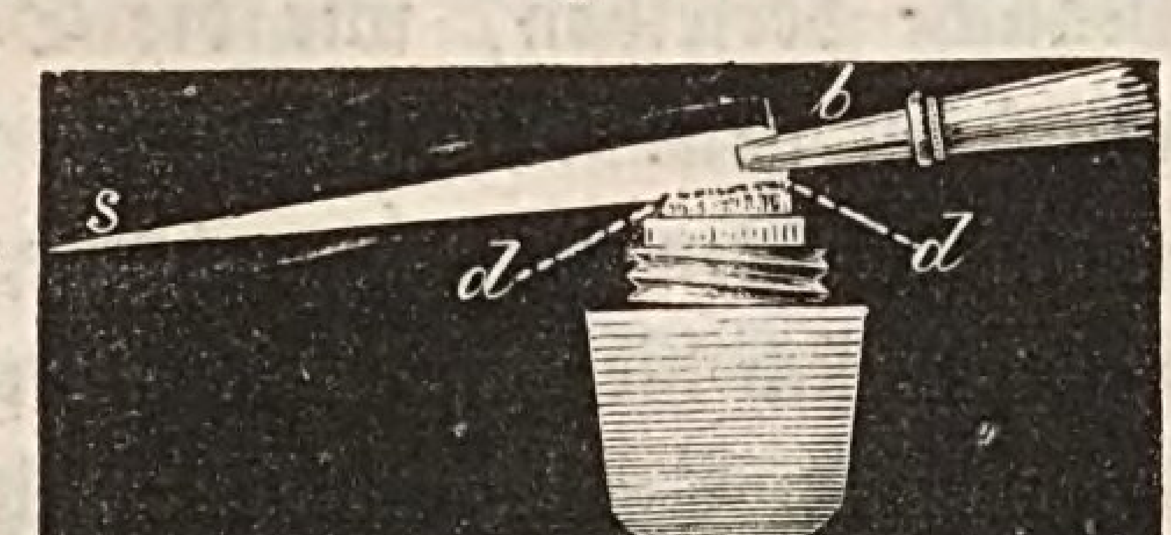
Fig. 30.



Bevor wir die am Löthrohr enthaltenen Resultate besprechen können, ist eine Erörterung der Löthrohrflamme nothwendig vorauszuschicken. Eine jede Lichtflamme läßt leicht erkennen, daß sie aus Theilen von ungleicher Beschaffenheit besteht. So findet man die stärkste Hitze an der Spitze, weil hier, wo sie mit dem Sauerstoff der Luft in Berührung ist, die lebhafteste Verbrennung stattfindet. Es folgt zunächst eine Region, die das stärkste Licht verbreitet, herrührend von außerordentlich feinen, weißglühenden Kohlentheilchen, die in diesem Theile der Flamme enthalten sind, wovon man sich leicht überzeugen kann, indem man einen kalten Gegenstand, etwa eine Stricknadel, hineinhält, an welchen jene Kohlentheilchen in Gestalt von Ruß sich anlegen. Endlich haben wir noch den innern und untern Theil der Lichtflamme zu erwähnen, der weniger leuchtend ist und einen geringern Hitzgrad besitzt als der obere. Grund hierfür ist, daß zum innern Theil der Sauerstoff der Luft nur wenig Zutritt hat, daß folglich an dieser Stelle nur eine unvollständige Verbrennung stattfinden kann.

Von diesen verschiedenen Eigenschaften der Flamme wird nun bei Anwendung des Löthrohrs wesentlicher Vortheil gezogen. Will man eine starke Hitze hervorbringen, so wird die Spitze des Löthrohrs bis zu ein Drittel in die Flamme eingeführt (Fig. 31) und möglichst stark geblasen. Es gelangt hierdurch die Luft auch in die innern Theile der Flamme und es findet so eine möglichst lebhafte Verbrennung mit entsprechender Wärmeentwickelung statt. Die Flamme ist alsdann spitz, wenig leuchtend und schmilzt die strengflüssigsten Stoffe. Zugleich bewirkt sie eine Oxydation der in sie gebrachten, zur Sauerstoffaufnahme befähigten Körper. Ein Stückchen Zinn, Blei oder andern Metalls wird darin rasch geschmolzen und in Oxyd verwandelt. Man

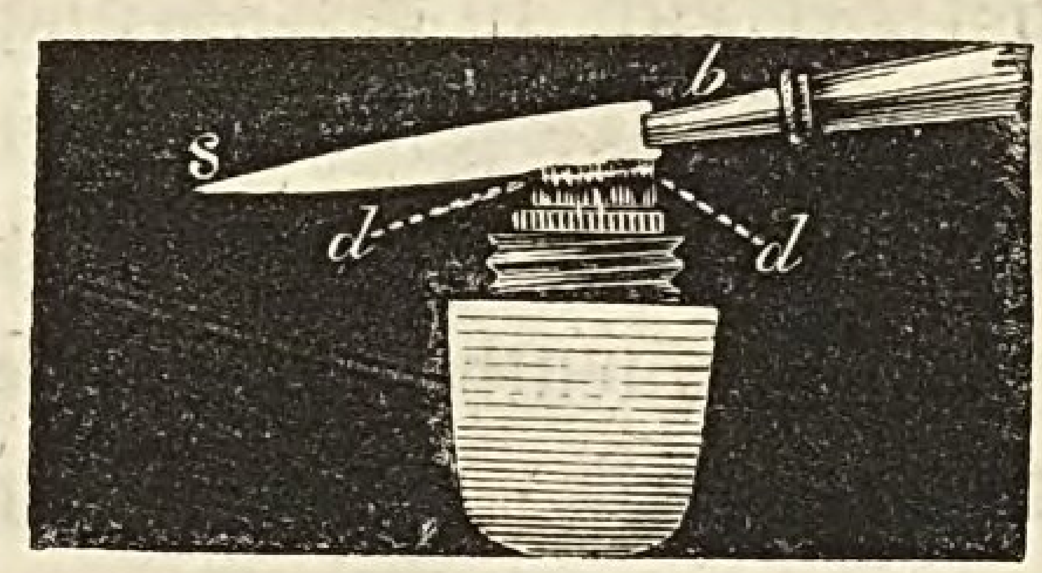
Fig. 31.



nennt daher die also hervorgebrachte Flamme die Oxydationsflamme.

Wird dagegen die Spitze des Löthrohrs der Lichtflamme nur bis zum Saume genähert, wie Fig. 32 zeigt, und minder stark Luft zugeblasen, so erhält man eine breitere, gelb leuchtende, viele feine vertheilte Kohle enthaltende Flamme, welche man die Reductionsflamme nennt, da ihre Wirkung gerade eine entgegengesetzte ist. Bringt man nämlich das unter dem Einfluß der vorigen Flamme mit Sauerstoff verbundene Zinn, das Zinnoxyd, in die Reductionsflamme, so verbindet sich ein Theil der darin enthaltenen Kohle mit dem Sauerstoff des Oxyds zu Kohlensäure und das Zinn wird wieder in den metallischen Zustand zurückgeführt, d. i. reducirt.

Fig. 32.



Das gehörige Zustandebringen dieser beiden verschiedenen Flammen und ihre geschickte Leitung und Handhabung ist das erste Erfoderniß für Denjenigen, der Resultate am Löthrohr erzielen will.

Was nun zuvörderst den Einfluß der Hitze auf die zu untersuchende Probe betrifft, so ist auf die hierbei sich offenbarende Schmelzbarkeit und Flüchtigkeit das Hauptaugenmerk gerichtet. Die Schmelzbarkeit der Minerale ist sehr ungleich. Manche derselben, wie die Salze, der Schwefel, schmelzen schon bei gelinder Wärme der Lichtflammen, andere sind nur in der stärksten Hitze schmelzbar, andere ganz unschmelzbar. Es beziehen sich hierauf die bei Beschreibung aller Minerale vorkommenden Bezeichnungen: sehr leicht, leicht, ziemlich schwer, schwer, sehr schwer schmelzbar und unschmelzbar.

Beim Schmelzen treten noch manche beachtenswerthe Erscheinungen ein, indem manche Metalle ruhig schmelzen, andere sich aufblasen, spritzen und kochen, daher eine ganze Classe von Mineralen den Namen der Kochsteine (Zeolithe)

erhalten hat. Die geschmolzene Masse ist entweder zusammengesickert, glasig oder schlackig, porzellanartig, oder sie bildet eine Perle, ein Kügelchen oder Korn, welches Letztere namentlich die Metalle thun.

Flüchtige Stoffe werden beim Erhitzen der Minerale sehr häufig ausgeschieden. Es geben dieselben fast immer Wasserdampf ab und es ist zu achten, ob dieses Wasser blos hygroskopisch angezogenes oder chemisch gebundenes war, welch Letzteres bei den Kochsteinen der Fall ist. Manche Minerale entwickeln Gase, wie z. B. der Kalk Kohlensäure, der Braunstein Sauerstoff.

Ganz eigenthümlich ist der Umstand, wonach die Dämpfe vieler Stoffe, selbst in unglaublich geringer Menge, der Flamme des Löthrohrs eine so charakteristische Färbung ertheilen, daß diese Erscheinung mit zu den vortrefflichsten Erkennungsmitteln am Löthrohr gehört. So ertheilt ein Gehalt der Probe an Natron der Flamme eine helle gelbe Farbe, Kali eine violette; Lithion, Strontium und Kalk färben dieselbe hellroth bis purpurroth, Baryt, Kupfer, Bor grün, Arsen, Blei, Antimon blauweiß u. s. w.

In der Oxydationsflamme entstehen unter Einwirkung des Sauerstoffs beim Glühen der Probe manche Verbindungen, welche die Anwesenheit gewisser Bestandtheile verrathen. So verbreiten schwefelhaltige Minerale Dämpfe der erstickend riechenden schwefeligen Säure, die arsenhaltigen Dämpfe der nach Knoblauch riechenden arsenigen Säure; die Bleierze erhalten einen Ueberzug von gelbem Bleioxyd, die antimonhaltigen von weißem Antimonoxyd u. s. w.

Die Zuziehung der oben erwähnten Salze, nämlich der Soda, des Borax und des Phosphorsalzes zur Löthrohrprobe bezweckt die Herstellung schmelzbarer Verbindungen. In diesem Falle wird das Mineral im Achatmörser aufs feinste zerrieben, sodann an das Ohr des Platindrahts eine Perle von Soda oder Borax angeschmolzen, dieselbe, noch

weich, in jenes Pulver getaucht und nachher in die Flamme gebracht.

Die Soda dient hauptsächlich zur Auflösung kieselreicher Verbindungen, während die im Borax enthaltene Borsäure mit den verschiedenen Metalloxyden glasartige Flüsse bildet, die sich durch eigenthümliche Färbung auszeichnen. Letztere ist überdies in der Regel eine verschiedene, je nachdem die Probe in der Oxydations- oder Reductionsflamme behandelt worden war, wie folgende Beispiele zeigen:

Oxyde.	Farbe der Boraxperle	
	in der Oxydationsflamme:	in der Reductionsflamme:
Chromoxyd.	Smaragdgrün.	Gelbbraun; erkaltet farblos.
Manganoxyd.	Violett.	Ungefärbt.
Antimonoxyd.	Hellgelblich.	Unklar und graulich.
Wismuthoxyd.	Farblos.	Grau und trübe.
Zinkoxyd.	Farblos; bei viel Zink porzellanweiß.	Verflüchtigt sich.
Zinnoxyd.	Farblos.	Farblos.
Bleioxyd.	Gelb; erkaltet farblos.	Reducirt zu Metallkügelchen.
Eisenoxyd.	Dunkelroth; beim Erkalten heller, bis farblos.	Grün.
Kobaltoxyd.	Blau bis Schwarz.	Blau.
Nickeloxyd.	Röthlich, gelb, erkaltet heller.	Graulich.
Kupferoxyd.	Grün.	Farblos; erkaltet roth und undurchsichtig.
Silberoxyd.	Erkaltet milchweiß.	Graulich.

Diese Andeutungen mögen genügen, um erklärlich zu machen, wie es möglich wird, mit so einfachen Hülfsmitteln ein rasches und zuverlässiges Urtheil über die Bestandtheile irgendeines Minerals abzugeben. Ja es ist in neuerer Zeit von Einzelnen die Handhabung des Löthrohrs zu einer solchen Kunst ausgebildet worden, daß es für viele Stoffe selbst zu Bestimmungen ihrer Mengenverhältnisse mit Erfolg

angewendet wird. Wenngleich keinem Chemiker die wichtigsten Löthrohrerscheinungen fremd sein dürfen, so wird es immerhin vorzugsweise das Instrument des Mineralogen und Bergmanns bleiben, für welche es ein ganzes chemisches Laboratorium in nuce abgibt. Der Chemiker ist mehr geneigt, flüssige Agentien einwirken zu lassen, da diese die Wege anzeigen, auf welchen genaue Mengenbestimmungen auszuführen und die nutzbaren Präparate aus dem Minerale zu gewinnen sind.

Wenn nun das seither Vorgetragene nicht verkennen läßt, wie innig Chemie und Mineralogie verwachsen sind, so könnte erstere hiernach gewissermaßen als die Dienerin des Mineralogen erscheinen, die benutzt wird, um die oryktognostische und geognostische Mineralsammlung zu bestimmen und zu ordnen. Allein wir erblicken die Chemie auch als Rathgeber bei den mehr in der Theorie sich bewegenden Fragen der Geologie, und ihre Stimme ist darin von solcher Bedeutung, daß dieser Hülfswissenschaft vom Mineralogen gern der Rang einer Freundin eingeräumt wird.

Erinnern wir uns der Vorstellung des großen Physikers Laplace, nach welcher das ganze System unserer Sonnen- und Planetenwelt aus dampfförmiger Materie erstarrte, eine Theorie, die jetzt wol von allen Geologen als Grundlage ihrer Wissenschaft angenommen ist, so haben wir ja gleich die erste Entstehungsgeschichte der Erde mit einem chemischen Monsterproceß beginnend, der in seinen Folgen noch hier und dort bis auf den heutigen Tag sich fortspinnend erscheint. Wie ist es da zu vermeiden, daß nicht die Chemie bald als Experte, Anwalt, Zeuge angerufen und bestellt werde?

Von den vielen sich hier aufdrängenden Fragen mögen nur einige als Beispiele dienen. Es ist eine bekannte Thatsache, daß der Kalk, zum Glühen erhitzt, seine Kohlensäure verliert und zu ätzendem Kalk wird. Hiermit unvereinbar erscheint nun das Auftreten großer Kalkmassen unter Umständen, die auf einen ehemals glühend-flüssigen Zustand

derselben schließen lassen. Allein in mehrfacher Richtung angestellte Versuche haben gezeigt, daß gasförmige Körper aus chemischen Verbindungen schwierig oder gar nicht durch Hitze oder stärkere Verwandtschaften ausgeschieden werden, wenn dem Entweichen des Gases ein bedeutender Druck entgegenwirkt. Es übte aber zur Zeit jener Kalksteinbildungen die damalige Atmosphäre einen ungleich höhern Druck aus als die jetzige, indem erstere wegen der herrschenden höhern Temperatur eine Menge von Stoffen, namentlich fast alles Wasser in Dampfform erhielt, die später sich verdichteten. Es konnte daher leicht der Fall eintreten, daß in jener Periode chemische Verbindungen nicht zersetzt wurden, die gegenwärtig unter sonst gleichen Umständen eine Zersetzung erleiden, wie dies besonders der Fall ist, wenn kohlensaure Salze mit freier Kieselsäure in feurig-flüssigem Zustande zusammentreffen. Hieraus ließe sich dann das häufige Vorkommen des Quarzes neben kohlensauerm Kalk in der Erdrinde erklären. Es ist ferner wahrscheinlich, daß das später entstandene Meer eine höhere Temperatur und größern Gehalt an Kohlensäure hatte als das jetzt vorhandene, daß seine Fluten daher eine große Menge von Stoffen aufgelöst enthalten konnten, die mit allmäliger Abnahme der Temperatur und entweichender Kohlensäure sich ausscheiden mußten, wie z. B. die Kalk- und Dolomitschichten.

Andererseits ist wieder für die Entstehung des Dolomits, eines dem Kalk äußerlich sehr ähnlichen, durch Magnesiagehalt jedoch verschiedenen und vielfach zwischen Kalk auftretenden Gesteins von geologischer Seite die Theorie aufgestellt worden, daß in den Kalk eingedrungene Magnesiadämpfe die Veränderung desselben in Dolomit bewirkt hätten, eine Ansicht, die von chemischer Seite als ganz unhaltbar beseitigt wurde. Es ist vielmehr anzunehmen, daß der Dolomit seine Entstehung der langsamen Auswaschung magnesiahaltiger Kalke durch kohlensäurehaltiges Regenwasser verdankt, welches den Kalk theilweise hinwegführte.

So wird an die Chemie appellirt bei der Frage, ob die das Grundgebirge bildenden, häufig in Glimmerschiefer und Gneis übergehenden Thonschiefer auch aus geschmolzener Masse oder aus wässeriger Lösung entstanden seien. Ein lebhafter Streit wird seit mehren Jahren über die Natur des Granits geführt, den die ältern Plutonisten als feurigflüssigen Strom aus dem Innern der Erde hervorbrechen lassen. Dagegen erklärt Bischoff den Granit als ein Umbildungsproduct vorhandener Gesteine auf nassem Wege, und Scheerer stellt die Ansicht auf, daß der Granit aus einem heißen, jedoch wasserdampfhaltigen Feldspathteig entstanden sei, indem zuerst die Glimmerblättchen erstarrten, dann die Feldspathkrystalle und zuletzt der ausgeschiedene Quarz, welcher als bindende Masse das Ganze verkittet.

Eine Reihe von Gesteinen, wie der Granit, Syenit, Diorit und die Augitgesteine bieten ihrer äußerlichen Verschiedenheit ungeachtet in ihrer chemischen Zusammensetzung eine große Uebereinstimmung, denn alle sind Gemische kieselsaurer Doppelsalze, in welchen kieselsaure Thonerde niemals fehlt, während der andere Bestandtheil zwischen verschiedenen Silikaten schwankt. Mitscherlich erklärt diese mineralischen Verschiedenheiten rein chemisch in folgender Weise: „Besteht eine geschmolzene Masse, bei überschüssiger Kieselsäure, aus Thonerde und Kali in dem Verhältniß, daß der Sauerstoff der Thonerde sich zu dem des Kali wie 3 : 1 verhält, so wird sie beim Erkalten Quarz und Feldspath liefern; enthält sie mehr Thonerde, so wird sie aus Quarz, Feldspath und Glimmer bestehen; enthält sie vier mal mehr Thonerde, als zur Feldspathbildung nöthig ist, so besteht sie aus Quarz und Glimmer allein. Enthält sie noch Kalkerde und Eisenoxydul, so wird sie auch Hornblende liefern."

Auch die schönen Versuche Gmelin's über die Zusammensetzung des Basalts, der Nachweis der Identität des Bergflachses, Amianths und Asbests mit Augit und Horn-

blende, zwischen welchen ein ähnliches Verhältniß besteht, wie zwischen gesponnenem und in Masse erstarrtem Glas, die vielen Versuche und Beobachtungen über künstlich durch Schmelzung dargestellte Minerale: dies Alles zeigt das nothwendige Ineinandergreifen von Chemie und Mineralogie im weitesten Sinne aufs entschiedenste.

Freilich ergeht es hierbei der Chemie mitunter wie bei den Fragen der Physiologie und Medicin. Ihre Bedeutung wird einerseits nicht erkannt, andererseits überschätzt oder misverstanden. Am weitesten gehen in beiden Richtungen gerade diejenigen Geologen, welche am wenigsten chemische Kenntnisse besitzen, denen folglich ein Urtheil über den Werth chemischer Versuche und darauf begründeter Theorien abgeht. Wie in der Physiologie sogleich Elektricität und Galvanismus citirt wurden, wo kein anderer Ausweg sich fand, so rufen manche Geologen alsbald chemische Actionen zu Hülfe, wenn gewisse Schwierigkeiten sich zeigen, lassen dieselben mit kühner Freiheit oder vielmehr mit ungerechtfertigter Willkür eingreifen und erwidern auf gemachte Einwendungen etwa Folgendes, das wir wörtlich einem geologischen Werke entnehmen: „Nichts scheint absurder zu sein, als behaupten zu wollen, daß durch chemische Kunst nicht nachgewiesene und constatirte Phänomene durch eine, vielleicht gar nicht einmal im Bereiche der Möglichkeit derselben liegende Combination im Großen wirkender Naturkräfte nicht sich ereignen könnten."

Ohne Zweifel fanden in frühern Perioden mehrfache Combinationen von Naturkräften statt, die chemische Erscheinungen hervorrufen konnten, ganz abweichend von jetzt beobachteten. Allein in solchen Fällen ist es nicht der chemische Proceß, der zuerst seine Erklärung verlangt, sondern wir verlangen, daß zunächst die Nothwendigkeit oder große Wahrscheinlichkeit jener Combinationen, sowie Das, woraus sie bestanden haben sollen, nachgewiesen werde, um ein Urtheil für den bestimmten Fall bilden zu können. Wo man diese schuldig bleibt, sind solche „Combinationen im Großen wir-

kender Naturkräfte" nur eine willkürliche Ausflucht, ein augenblicklicher Nothbehelf.

Während also hier der chemischen Erklärung unter Mitwirkung geeigneter Combinationen ein großes Feld eingeräumt wird, fehlt es auch nicht an Beispielen, daß man sich ihres kritischen Urtheils, gleichsam der Controle der geologischen Theorie, zu entziehen sucht, und es klingt ganz wie eine höfliche Abweisung, wenn wir in einem neuern geologischen Werke lesen: „daß der stets im Fortschreiten begriffenen Chemie, weil sie zur Zeit irgendetwas nicht zu erklären vermag, nie ein entscheidendes Urtheil über die Möglichkeit einer solchen Hypothese eingeräumt werden darf. Ihre Erfahrungen selbst sind noch nicht abgeschlossen und können durch die Geologie noch bedeutend erweitert werden". Dieser Satz enthält unstreitig viel Wahres; nur müssen wir ihm die Bemerkung entgegensetzen, daß der Chemiker selten eine verlaßliche Antwort schuldig bleiben wird, wenn ihm die Bedingungen genau festgestellt werden, unter welchen der chemische Proceß verlaufen soll.

5. Verhältniß der Chemie zur Physik und den mathematischen Wissenschaften.

Nehmen wir mehre der größern Lehrbücher der Chemie aus neuester Zeit zur Hand, wie z. B. von Berzelius, Gmelin, oder das englische von Graham, so finden wir der Beschreibung chemischer Erscheinungen einen an Ausdehnung nicht unbedeutenden Abschnitt vorausgestellt, der über verschiedene Theile der Physik sich verbreitet, namentlich über Wärme, Elektricität, Magnetismus und die Lehre von den Gasen und Dämpfen. Wir erinnern uns, daß ein lernbegieriger junger Chemiker, der ein Collegium bei einem berühmten Professor der Chemie besuchte, welcher diese Wissenschaft in einem Zeitraum von zwei Jahren vorzutragen pflegte, sehr klagte, wie er nun bereits inmitten des zweiten

Cursus kaum ein Wort von Chemie, vielmehr nur eine vollständige physikalische Vorlesung gehört habe.

Schlagen wir andererseits physikalische Hand- und Lehrbücher auf, namentlich die etwas ältern, so findet man in der Regel nach der Abhandlung der allgemeinen Eigenschaften der Materie einen Abschnitt, welcher den besondern Qualitäten derselben gewidmet ist, wo die Materie als Sauerstoff, Schwefel, Eisen u. s. w. auftritt, mit der Aufzählung der wichtigsten Eigenschaften und Verbindungen, sodaß das Ganze als ein mehr oder minder ausgeführter Abriß der Chemie, und zwar vorzugsweise der unorganischen, erscheint.

Hieraus geht denn schon die Nothwendigkeit gegenseitiger Beziehung hinreichend hervor. Eine physikalische Einleitung erweist sich aber für Anfänger des chemischen Studiums umsomehr geboten, als besonders in Deutschland vorzugsweise Pharmaceuten und Mediciner es sind, die der Chemie sich widmen und welche in der Regel mit den dürftigsten physikalischen Vorkenntnissen die chemischen Vorlesungen besuchen. Weniger scheint eine Rücksicht der Art in Frankreich erfoderlich zu sein, wo die ausgezeichneten Chemiker meist aus einer physikalisch-mathematischen Richtung hervorgegangen sind, was sich auch in dem Charakter ihrer Arbeiten mehrfach erkennen läßt.

Vergleichen wir mit oben Angeführtem andere chemische Werke, namentlich das von Mitscherlich, so sehen wir diesen sogleich mit einem Satze mitten ins Vollbad der chemischen Erscheinungen hineinspringen, ohne uns durch langes Herumführen in allerlei Vorhöfen erst abzukühlen. Auch Liebig erscheint schon nach den ersten Vorträgen inmitten der speciellen Chemie begriffen. Man würde jedoch sehr irren, wollte man hieraus auf eine Verkennung der Nothwendigkeit physikalischer Vorkenntnisse von Seiten dieser illustren Chemiker schließen. Dieselben setzen vielmehr voraus, daß jeder angehende Chemiker vorher die Hörsäle der Physik durchwandert hat, und verwenden die Zeit ihrer Vorlesungen

ausschließlich auf die chemischen Erscheinungen, deren Umfang ohnehin eine vollständige Erschöpfung innerhalb der gesteckten Frist kaum gestattet. Aus demselben Grunde finden wir auch in den Lehrbüchern der Physik jetzt die chemischen Verhältnisse nur angedeutet und hinsichtlich ihrer weitern Entwickelung auf chemische Werke hingewiesen.

Alles Dies zeigt keineswegs auf ein gegenseitiges Ignoriren von Chemie und Physik hin, sondern auf eine Theilung der Arbeit, auf das vollständigere Heraustreten der Chemie als selbständige Wissenschaft. Diese Trennung findet aber vielmehr in der Betrachtung als in den wissenschaftlichen Persönlichkeiten statt, von denen Viele ebenso wol von der einen als andern Richtung in Anspruch genommen werden, sodaß es schwer fällt zu sagen, ob z. B. Gay-Lussac, Dulong, Faraday, Regnault als Physiker oder Chemiker anzuführen wären. Als Beides ist die allein richtige Antwort.

Die Beziehungen zwischen Chemie und Physik lassen sich im Ganzen nach zweierlei Gesichtspunkten auffassen. Einestheils ist der Chemiker genöthigt, zur Feststellung des Charakters irgendeines Stoffs denselben zunächst äußerlich zu beschreiben. Hierbei muß derselbe sich solcher Merkmale bedienen, die im Allgemeinen Gegenstand der physikalischen Betrachtung sind, wie Grad des Zusammenhangs, Dichte, Verhalten zum Licht, Gestalt, Verhalten zu Wärme, Elektricität und Magnetismus. Es erscheint hiernach die Physik als eine unentbehrliche Hülfswissenschaft der Chemie.

Allein es gibt im Bereiche der Naturwissenschaft auch eine Reihe von Fragen, welche ihre Beantwortung nur durch ein Zusammenwirken von Physik und Chemie erhalten können. Wie wir bereits früher gesehen haben, daß die Räthsel der Lebenserscheinungen, die physiologischen Aufgaben, nicht ausschließlich auf anatomischem oder chemischem Wege zu lösen sind, ebenso liegen auch mehrfache allgemeine Probleme in Physik und Chemie vor, deren Erledigung allein

aus dem vereinten Streben dieser Wissenschaften hervorzugehen vermag.

Hinsichtlich der erwähnten Feststellung der sogenannten physikalischen Eigenschaften der Körper ist zu bemerken, daß in manchen Fällen auch solche begriffen werden, die nicht leicht ins Auge fallen. Je weniger Merkmale wir anzuführen nöthig haben, um einen Stoff als besondern zu unterscheiden, desto leichter ist derselbe zu erkennen. Für die Charakteristik des Platins reicht es hin zu sagen, daß seine Dichte 22 mal größer ist als die des Wassers, um es von allen übrigen Körpern zu unterscheiden. Es gibt jedoch chemische Verbindungen, die eine solche Uebereinstimmung in den gewöhnlich berücksichtigten physikalischen Eigenschaften haben, daß zu ihrer Unterscheidung feinere Beobachtungen angewendet worden sind. Es gehört hierher das Verhalten der durchsichtigen Stoffe gegen das polarisirte Licht, indem viele es unverändert hindurchlassen, während andere demselben eine Drehung nach rechts oder links ertheilen. Mit Hülfe eines Polarisationsapparats ist man z. B. in den Stand gesetzt, sehr schnell anzugeben, wie stark der Gehalt einer Zuckerlösung, ob und wie weit der Zucker durch Kochen in unkrystallisirbaren Syrupzucker übergegangen ist.

Die innigsten Berührungspunkte zwischen Chemie und Physik bieten sich bei experimentellen und speculativen Untersuchungen über die elementare Beschaffenheit der Materie, über die atomistische Constitution derselben, über das Volum der Atome, über den Zusammenhang zwischen den Atomgewichten und der specifischen Wärme der Körper, über den Einfluß der chemischen Zusammensetzung auf den Siedepunkt, endlich über die zahlreichen Erscheinungen, in welchen Elektricität und Chemie gleichzeitig auftreten und die deshalb als elektro-chemische bezeichnet werden.

Die Beziehungen zwischen Form und Stoff verbinden andererseits die Chemie mit der mehr in die mathematische Richtung führenden Krystallographie.

Wir können hier unmöglich eine vollständige Darstellung der genannten schwebenden Fragen geben, die theilweise zu den schwierigsten und dunkelsten Problemen gehören; doch läßt sich der thatsächliche Bestand, der in denselben beide Wissenschaften verknüpft, bei den meisten wenigstens andeuten.

Die „Elemente" sind uns bereits früher sowie auch im Vorliegenden mehrfach Gegenstand der Erörterung gewesen. Chemiker und Physiker sind darüber einig, daß für eine große Reihe von Betrachtungen nur eine identische Materie existirt, auf welche der Charakter der Raumerfüllung, der Undurchdringlichkeit, der Ausdehnsamkeit sich erstreckt, welche den Gesetzen der Gravitation, der Statik und Mechanik gleichmäßig unterworfen ist. Nur in diesem Sinne können Naturforscher mit Naturphilosophen einverstanden sein über die Einheit der Materie. Denn andererseits zeigt sich eine unendliche Mannichfaltigkeit in besondern Qualitäten der Materien; und wenn wir die Combination derselben, die chemischen Verbindungen und Gemenge analysiren, so bleiben uns immer noch etliche sechzig specifisch verschiedene Arten der Materie als einfache Stoffe, Grundstoffe oder Elemente. Sowie wir den Begriffen „Pflanze und Thier" Tausende specifischer Formen unterordnen, die wir vergeblich in einer Grundform aufgehen zu lassen versuchen, von welchen wir niemals die ähnlichsten ineinander übergehen sehen, wie z. B. Wolf, Fuchs und Hund, oder Rothtanne, Weißtanne, Kiefer und Pinie, ebenso ist uns bisjetzt keine Aussicht eröffnet, einen Urstoff der Grundstoffe zu finden oder auch die ähnlichsten derselben, wie Chlor und Brom, Iridium und Platin, Schwefel und Selen, Nickel und Kobalt u. s. w., ineinander überzuführen. Wir nehmen überhaupt in der ganzen Natur nirgends einen Uebergang aus der einen Erscheinung oder Form in die andere in der Art wahr, daß nicht die Grenze, welche beide trennt, deutlich erkennbar bliebe. Das Bild der Natur ist nicht in verwaschener Sepiamanier ausgeführt, sondern mit dem

Grabstichel, in dessen zarte aber bestimmte Linien und Punkte sich die kaum hingehauchten Gestalten sowol, wie auch dunkelsten Partien bei schärferer Betrachtung auflösen lassen.

Der Physiker pflegt in der Verfolgung sehr vieler Erscheinungen die Materie, an der sie auftreten, in kleinere Theile zu zerlegen, wiewol nur in Gedanken. Nach dieser Anschauungsweise pflanzt sich die Wirkung eines Stoßes, den ein Körper erleidet, von den unmittelbar getroffenen Theilchen desselben auf die umliegenden fort, und es ist hierzu eine gewisse Zeit erfoderlich. Bei Erhöhung der Temperatur rücken die Theilchen eines Körpers weiter voneinander ab, derselbe dehnt sich aus; im umgekehrten Falle zieht er sich zusammen, indem seine Theilchen einander sich nähern u. s. w. Gegen eine solche atomistische Constitution ist namentlich von Seiten der Naturphilosophen Einwand erhoben worden, da diese die Materie als etwas gleichmäßig Zusammenhängendes, Continuirliches darstellen und von unsichtbaren, unnachweisbaren Atomen oder Moleculen nichts wissen wollen.

Wenn nun auch die oben angeführten Fälle nach beiden Ansichten vorgehend gedacht werden können, so stellten sich doch andere ein, in welchen der Physiker ohne die Annahme abgegrenzt nebeneinander liegender Atome keine Erklärung zu geben vermag. Als Beispiel wollen wir den Magnet mit seinen merkwürdigen Eigenschaften nehmen. Wird ein magnetisirter Strickdraht in zwei Hälften zerschnitten, so ist jede Hälfte wieder ein selbständiger Magnet mit zwei entgegengesetzten Polen an den Enden. Setzt man die Theilung des Drahts fort, so erhält man stets kleinere Stücke, die jedoch alle als vollständige Magnete mit zwei Polen sich erweisen. Ohne atomistische Auffassung ist eine Erklärung dieser Thatsache nicht ausführbar. Genügend ist hier nur die Ansicht, daß beim Magnetisiren des Stabs ein jedes kleinste Theilchen desselben ein selbständiger Magnet wird, daß die gleichnamigen Pole dieser atomistisch aneinander ge-

reihten Magnetchen nach derselben Richtung gelagert sind und die Summe ihrer Wirkung an den Polen gesammelt erscheint.

Willkommen war es daher den Physikern, als aus dem Gebiete der Chemie Thatsachen sich erhoben, welche der bestrittenen atomistischen Theorie als mächtige Stützen sich erweisen konnten. Als solche sind insbesondere die bestimmten Gewichtsverhältnisse anzusehen, in welchen die Stoffe untereinander chemisch sich verbinden, wie früher gezeigt worden ist. Besonders aber spricht für die Annahme atomistischer Constitution die Entdeckung der isomeren und polymeren Körper, welche, wie Seite 113 ausgeführt wurde, aus denselben einfachen Stoffen in denselben relativen Gewichtsverhältnissen zusammengesetzt sind, und dennoch die verschiedensten physikalischen und chemischen Eigenschaften besitzen, was nicht der Fall sein könnte, wenn bei der chemischen Verbindung verschiedene Materien sich gegenseitig durchdringen. Andererseits lassen sich die chemischen Zersetzungen durch Elektrolyse, wo wir an den voneinander entfernten Polen die Bestandtheile des Wassers in gasförmigem Zustande ausscheiden sehen, auch nur durch eine atomistische Anschauung versinnlichen.

Zur weitern Ausbildung der Atomtheorie gehört ferner Dasjenige, was auf Form, absolute und relative Größe derselben sich bezieht. Hinsichtlich der Gestalt der einzelnen Atome ist die Hypothese herrschend, nach welcher denselben die sphärische zukommt, da aus der Gruppirung außerordentlich kleiner Kugeln die ganze Mannichfaltigkeit der Krystallformen sich bilden läßt. Ganz unbestimmt sind dagegen die Vorstellungen über die absolute Größe der Atome. Hier dürfte Gay-Lussac's Ausspruch, wonach Atom für die Physik und Chemie Dasselbe ist, was das unendlich Kleine für die Mathematik, der entsprechendste sein. Die Untersuchungen, welche sich auf die relative Größe der Atome beziehen und die von der Annahme ausgehen, daß die Atome

der einfachen Stoffe gleiche Dichte besitzen, woraus eben folgt, daß ihre Volume ungleich sind, haben noch keine in wenig Worten klar darzulegende Resultate ergeben. Es sei hier nur bemerkt, daß unter Atomvolumen die Zahl verstanden wird, die man durch Division des Atomgewichts eines Stoffs mit seinem specifischen Gewicht erhält.

Von großem Interesse sind die gesetzmäßigen Beziehungen der Wärme zu gewissen chemischen Verhältnissen. Nach den Untersuchungen der Physiker sind sehr ungleiche Wärmemengen erfoderlich, um die Temperatur gleicher Gewichte oder Maße verschiedener Körper um gleich viel Grade zu erhöhen. Wenn z. B. gleiche Gewichte von Wasser, Schwefel, Eisen und Quecksilber von 0 ° auf 100 ° erhitzt werden sollen, so verhalten sich die hierzu erfoderlichen Wärmemengen wie die Zahlen 100 : 18 : 10 : 3. Nehme ich Flammen von gleicher Stärke, so muß ich folglich deren hundert unter das Wasser stellen, um in gleicher Zeit dieselbe Temperaturerhöhung hervorzubringen, die ich bei Schwefel mit 18, bei Eisen mit 10 und bei Quecksilber mit nur 3 Flammen erreiche. Diese ungleiche Aufnahmsfähigkeit von Wärme (oder Wärmecapacität) gleicher Gewichtstheile wird als die specifische Wärme der Körper bezeichnet. Dulong und Petit fanden nun das merkwürdige Gesetz, daß die Zahlen, welche die specifische Wärme der einfachen Stoffe ausdrücken, sich umgekehrt verhalten wie diejenigen, welche ihre Atomgewichte darstellen. Also je größer das Atomgewicht, desto geringer die specifische Wärme, wie z. B.:

	Atomgewicht:	Specifische Wärme:
des Wasserstoffs =	1	3,2
des Schwefels =	16	0,202
des Eisens =	27	0,113
des Quecksilbers =	101	0,033

Es muß daher das Atomgewicht eines Körpers, multiplicirt mit seiner specifischen Wärme, für alle Stoffe ein gleiches

Product geben, nämlich die Zahl 3,2. In der That ist 1 $\times$ 3,2 = 3,2, ferner 16 $\times$ 0,202 = 3,2 und 27 $\times$ 0,113 = 3,2 u. s. w. Wäre daher das Atomgewicht eines Körpers, z. B. des Bleis, unbekannt, dagegen ausgemittelt worden, daß seine specifische Wärme 0,031 ist, so muß die obige Zahl 3,2, dividirt durch die specifische Wärme, das Atomgewicht des Bleis geben. Wirklich ist auch $\frac{3{,}2}{0{,}031} = 103$ als berechnetes Atomgewicht des Bleis übereinstimmend mit dem auf analytischem Wege bestimmten Atomgewicht desselben.

Eine weitere merkwürdige Beziehung zeigt sich bei flüssigen chemischen Verbindungen zwischen dem Siedepunkte und der chemischen Zusammensetzung derselben. Wenn hier bisjetzt die Beobachtungen noch nicht umfassend genug sind, um eine volle Gesetzmäßigkeit durchzuführen, so reichen sie doch hin, um eine solche dereinst erwarten zu lassen. Als allgemeine Regel läßt sich indessen annehmen, daß der Siedepunkt einer chemischen Verbindung um so höher liege, aus je mehr Atomen dieselbe constituirt ist, daß der Wasserstoff die größte Affinität zur Wärme hat und seine Neigung, durch dieselbe in Gasform aufzutreten, auf die chemischen Verbindungen überträgt, darin er enthalten ist, daß er also die Flüchtigkeit derselben erhöht. Im Vergleich hiermit vermindert die Anwesenheit des Kohlenstoffs und Sauerstoffs in chemischen Verbindungen die Flüchtigkeit derselben, sodaß letztere von der Elementarzusammensetzung und der Anzahl der einfachen Atome bedingt wird. Sind die hier zu Grunde liegenden Gesetze einmal vollständig erkannt, so würde die Bestimmung des Siedepunkts einer organischen Verbindung hinreichen, um deren Atomverhältniß zu erschließen, sowie umgekehrt aus dem Bekanntsein des letztern die Höhe des Siedepunkts vorausgesetzt werden kann.

Daß endlich der innigste Zusammenhang zwischen chemischer Verwandtschaft und Elektricität stattfinde, daß eine jede chemische Zersetzung von Entwickelung der Elek-

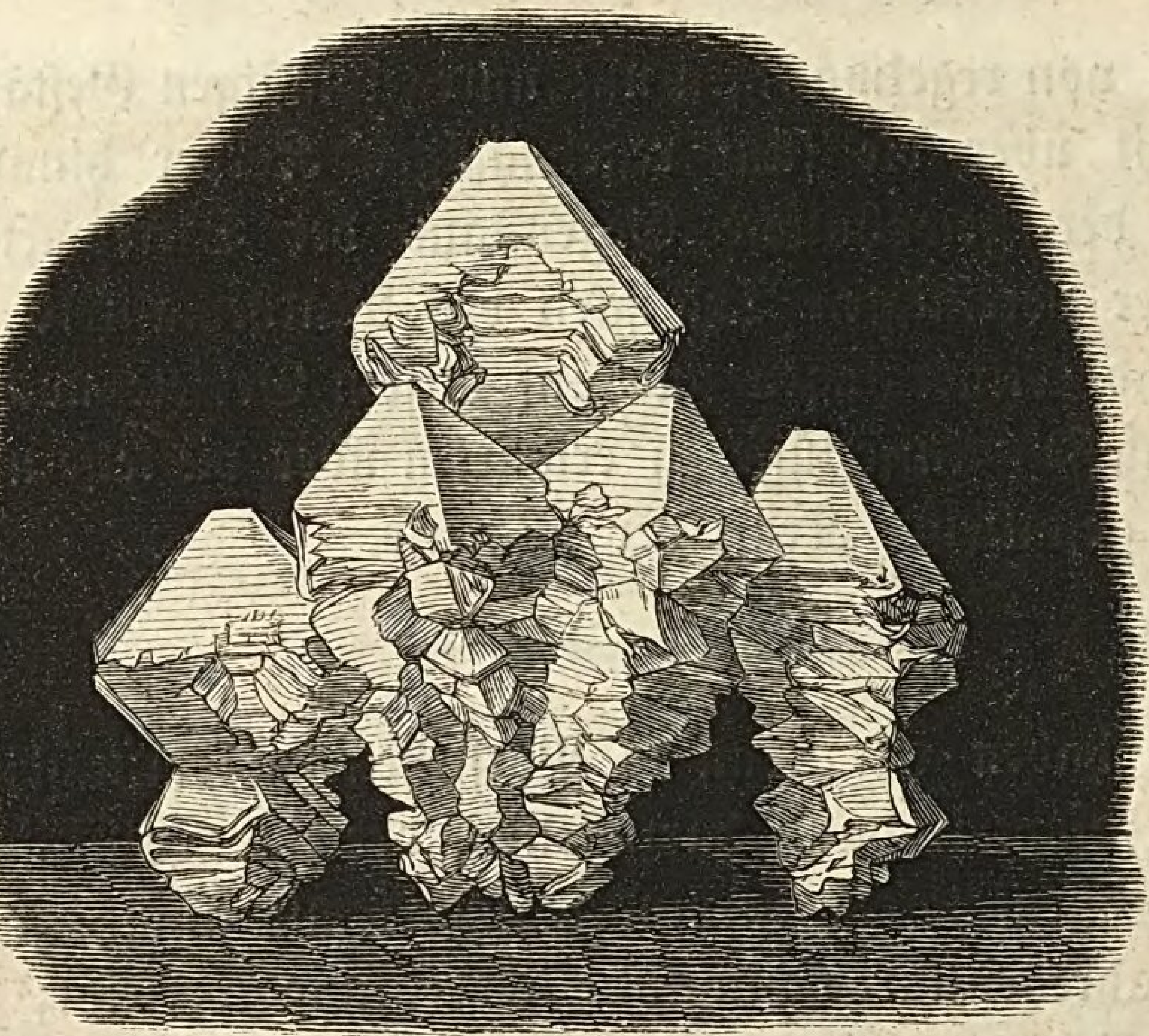
tricität begleitet ist, und daß der elektrische Strom die Fähigkeit besitzt, die chemischen Verbindungen zu zersetzen, ist Seite 165 in ausführlicher Weise gezeigt worden. Nach dem von Faraday aufgefundenen Gesetze ist die Elektricitätsmenge, welche eine chemische Verbindung zu ihrer Zersetzung bedarf, ebenso groß als diejenige, welche eine gleiche Menge derselben Verbindung bei ihrer galvanisch-chemischen Zersetzung liefert. Die bei letzterer Zersetzung entwickelten Elektricitätsmengen sind proportional den Atomgewichten der zersetzten Verbindungen. Für je 32 Gewichtstheile Zink, die zur Erzeugung des elektrischen Stroms gelöst werden, zersetzt dieser neun Gewichtstheile Wasser, und diese Zahlen verhalten sich wie die Atomgewichte des Zinks und des Wassers. Es lag daher die Idee nicht fern, den ganzen chemischen Proceß als einen elektrischen zu betrachten, und Berzelius gründete hierauf seine elektro-chemische Theorie, deren gänzlicher Durchführung jedoch nicht geringe Schwierigkeiten entgegenstehen.

Nur wenig Worte bleiben uns noch zu sagen über das Verhältniß der mathematischen Wissenschaften zur Chemie. Als Wissenschaft der Quantität ist die Mathematik die unentbehrliche Genossin aller Forschungen im Bereiche der Natur, bei welchen auf dieses Moment Rücksicht genommen wird; und da wir überall sehen, daß erst von dem Augenblicke an, wo dies der Fall, die eigentlich wissenschaftliche Gestaltung des vorhandenen Materials beginnt, so ist hierdurch ihre Bedeutung für die Chemie begründet. Die von Seiten der Chemie an die Mathematik bisjetzt gestellten Aufgaben reichen jedoch keineswegs über die Grenzen ihres Calculs und haben nicht, wie dies bei vielen physikalisch-mathematischen Betrachtungen der Fall ist, neue mathematische Methoden und Functionen hervorgerufen.

Einer besondern Anlehnung an den geometrischen Theil der Mathematik bedarf noch die Ausbildung der chemischen Formlehre, die Krystallographie. Hier treten allerdings

Reihen von regelmäßigen und unregelmäßigen Gestalten auf, die weit über die fünf regelmäßigen Körper hinausgehen, welche der gewöhnliche Gegenstand der Stereometrie sind. Von der vereinigten Thätigkeit des Mathematikers, Chemikers und Mineralogen sind auf diesem Gebiete noch die interessantesten Aufschlüsse zu erwarten über die leise und wunderbar gestaltende Kraft der Materie.

So haben wir denn in Vorstehendem versucht, den innigen Zusammenhang darzustellen, der eine Wissenschaft mit allen Wissenschaften verbindet und somit auch der Chemie eine wahre culturgeschichtliche Bedeutung verleiht; wir haben endlich bei allem Streben, Versuchen, Forschen und Ringen im Bereiche der Natur nachgewiesen: in der Vielheit der Wege — die Einheit des Ziels!



Gruppe von Alaunkrystallen.

IV. Die Chemie in ihrem Einflusse auf Kunst, Gewerbe und Ackerbau.

„Seit der Entdeckung des Sauerstoffs hat die civilisirte Welt eine Umwälzung in Sitten und Gewohnheiten erfahren. Die Kenntniß der Zusammensetzung der Atmosphäre, der festen Erdrinde, des Wassers, ihr Einfluß auf das Leben der Pflanzen und Thiere knüpfen sich an diese Entdeckung. Der vortheilhafteste Betrieb zahlloser Fabriken und Gewerbe, die Gewinnung von Metallen steht damit in der engsten Verbindung. Man kann sagen, daß der materielle Wohlstand der Staaten um das Mehrfache dadurch seit jener Zeit erhöht worden ist, daß das Vermögen jedes Einzelnen damit zugenommen hat.“ **Liebig's „Chemische Briefe“.**

Einleitung.

Ich stand an der Ecke von Trafalgar-Square und wartete auf eins der vielen Fuhrwerke, die in London zur Glorienzeit des Krystallpalastes in mehr als gewöhnlicher Zahl ihre Richtung nach Hyde-Park nahmen.

Meine Geduld wurde nicht lange in Anspruch genommen; ein Omnibus rollte daher, ein Wink — ein Blick — ein Ruck — er hielt an aus vollstem Trabe — der Kutscher reichte mir von seinem erhabenen Sitze einen Riemen als Handhabe, und hinauf schwang ich mich auf das Verdeck — Alles mit einer für continentale Gewohnheiten fabelhaften Geschwindigkeit, denn keine Viertelsminute dauerte dieser ganze Assimilirungsact.

Nicht ohne Mühe quetschte ich mich in eine Lücke zwischen den bereits zahlreich vorhandenen Insassen ein; denn das „Outside-ride" — das Außenfahren auf dem Verdeck eines Omnibus zieht der Eingeborene in solchem Maße vor, daß nur das schlimmste Wetter oder absoluter Mangel an Platz ihn veranlassen kann, in das Innere eines Wagens sich zu fügen. Man wird daher selten einen Omnibus die Straßen passiren sehen, von dessen Decke nicht nach allen Richtungen der Windrose die Beine der darauf Sitzenden hinausragen, und der Fremde hat in der That kein besseres Mittel, einen raschen Ueberblick des in London pulsirenden Lebens zu gewinnen, als indem er einige Tage lang auf dem erhabenen Sitzpunkt eines Omnibus jenen Kreislauf des ungeheuern Organismus mitmacht, in welchem die Hauptstraßen die Hauptadern, die ununterbrochenen Reihen von Fahrzeugen aller Art das strömende Lebensblut und der Reisende selbst etwa ein Blutkügelchen vorstellt.

Verkehr mit dem Nachbar ist der Natur der Sache nach eben nicht ein Reiz jener Außenfahrten, denn jeder Fahrende achtet mit mehr oder weniger Spannung auf den Punkt, wo er den Wagen wieder zu verlassen gedenkt. Den Fremden macht die Neugierde, den Einheimischen das Geschäft stumm oder einsylbig. Zu jener Zeit war jedoch in dieser Beziehung eine Abweichung herrschend geworden: die „Ausstellung" war das Quecksilber, das die sprödesten Metalle rasch amalgamirte; der Krystallpalast erschien als das all-

gemeine Menstruum, in welchem selbst die zähesten Geschäftsseelen sich auflösten und redselig wurden.

Kaum hatte ich daher dem Kutscher, meinen Bestimmungsort bezeichnend, jene Zauberformel ausgesprochen, als die Zungen gelöst waren und es sogleich sich herausstellte, daß meine nächsten Nachbarn demselben Ziele zueilten.

„Ist denn wol", fragte der Eine, „dieser Krystallpalast kein londoner Puff, sondern wirklich das erstaunliche Wunder der Gegenwart?"

„Gewiß, das ist er", erwiderte lebhaft der Andere; „Sie werden die allgemeine Bewunderung, mit welcher ein Jeder von diesem Gebäude erfüllt wird, umsomehr theilen, je mehr Sie dasselbe zum Gegenstand wiederholter und sorgfältiger Betrachtungen machen."

„Sie kennen, wie es scheint, bereits den Glaspalast", fragte ich.

„Sehr genau", fuhr mein Nachbar fort, „und ich betrachte denselben als den triumphirenden Beweis, daß die Mechanik es ist, die eine neue culturgeschichtliche Epoche begründet und der Welt eine andere Physiognomie verleiht!"

„Und glauben Sie nicht, daß es eine Wissenschaft gibt, welche diesen Beruf zu theilen, ja der Mechanik die soeben zuerkannte Palme streitig zu machen berechtigt ist —?" warf ich ein.

„Unmöglich, Herr, was wollen Sie damit sagen?"

„Nun, ich denke, daß zum Beispiel die heutige Chemie —"

„Die Chemie? Herr", unterbrach mich der Mechaniker mit einer so ironischen Betonung, daß ich eine große Versuchung verspürte, denselben mit einem Ruck auf die Straße zu befördern — „ich bitte, was hat die Chemie mit dem Glaspalast zu thun?"

„Nicht mehr und nicht weniger, als daß ohne ihren Ein-

fluß, ohne ihre Einwirkung die ganze Erreichung des Wunderbaus eine Unmöglichkeit geblieben wäre."

„Ich begreife nicht —"

„Lassen Sie mich erklären. Sie werden zugeben, daß ohne Glas —"

„Der Glaspalast eine Chimäre wäre", fiel der Mechaniker in seinem frühern Tone ein; „sicherlich, das wäre er. Aber Sie halten doch wol das Glas nicht für eine Entdeckung der heutigen Chemie? Ein Material, so alt, daß man es in den Ruinen von Ninive gefunden hat, daß auf Wandgemälden des alten Theben schon Glasbläser abgebildet sich finden!"

Fig. 33.

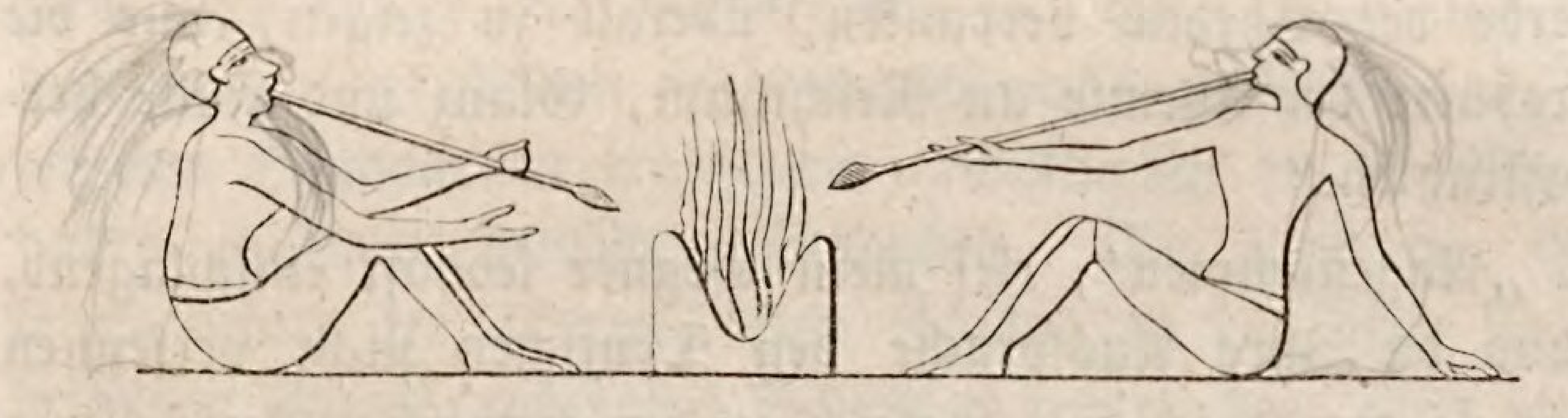
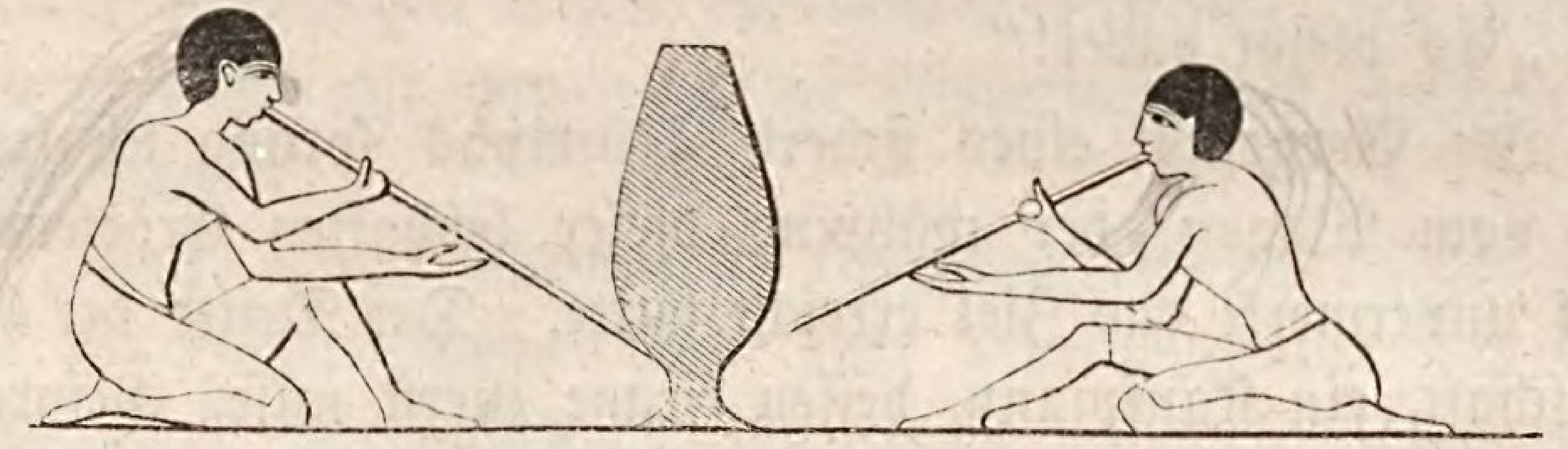


Fig. 34.



Aegyptische Glasbläser.

„Und gerade in diesem Lande (England) von jeher so theuer", erwiderte ich, „daß noch in der Mitte des 17. Jahrhunderts Englands reichster Fürst, der Herzog von Northumberland, die Fenster seines Schlosses zur Schonung herausnehmen ließ, so oft er verreiste; daß zu Ende des 17. Jahrhunderts nur die Hauptgemächer der königlichen Paläste mit

Fensterscheiben versehen waren; daß noch in den dreißiger Jahren dieses Jahrhunderts derselbe Mechaniker, der den Plan zur Aufführung eines solchen Gebäudes entworfen und zu dessen Ausführung in derselben Zeit sich verbindlich gemacht hätte, unfehlbar reif für Bedlam erklärt worden wäre. Ich wiederhole Ihnen, nur unter dem Einfluß der Chemie auf ihrem gegenwärtigen Standpunkte war es möglich, dieser Aufgabe zu genügen."

„Es scheint Herr, Sie sind Chemiker und sprechen pro domo!"

„Wie Sie als Mechaniker Dasselbe zu thun scheinen. Aber da sind wir. Lassen Sie uns sofort einen Vergleich anstellen. Es wird mir ein Leichtes sein, überall den erstaunlichen Aufschwung nachzuweisen, welchen die Gewerbe der Chemie verdanken, überall zu zeigen, wie die Producte der Chemie an Reichthum, Glanz und Fülle hervorstrahlen."

„Angenommen", rief mein Gegner lebhaft einschlagend, „und da Ihre Aussprache den Deutschen nicht verkennen läßt, so werde ich Sie sogleich zu der chemischen Ausstellung Ihres Landes führen."

„Es bleibt dabei!"

Im Vorgefühl eines sichern Triumphs sprang ich freudig vom Wagen, der während dieser lebhaften Erörterung fast unvermerkt das Ziel erreicht hatte. Der Dritte der Gesellschaft, ein Kaufmann, dessen Frage zuerst unser Gespräch veranlaßt hatte, bat um die Erlaubniß, als Unparteiischer sich anschließen zu dürfen, und Arm in Arm bildeten wir eine nach dem Eingange sich durchwindende Kette.

Unser Führer hatte keine leichte Aufgabe übernommen. Das Bewältigende des Eindrucks beim ersten Eintritt in den Raum der Weltausstellung ist so allgemein anerkannt, so vielfach geschildert worden, daß ich nicht auszuführen brauche, wie es auch bei uns sich geltend machte. Obgleich vom

Drange nach einem bestimmten Ziele beseelt, waren es doch bald die kolossalen Bildwerke, bald die kunstreichen Maschinen, hier die prächtigen Meubles und Zimmer des Herrn Leistler, dort die Töne unvergleichlicher Instrumente, die Farbenpracht französischer Stoffe und Blumen, der Glanz der Goldwaaren und Juwelen, was abwechselnd den Einen oder Andern zu fesseln drohte, hätte nicht der Mechaniker mit der besonnenen Kraft und Rührigkeit eines Lootsen uns Neulinge durch die hocherregten Wellen der Neugierde und die vielfachen, ihm wohlbekannten Windungen der Ausstellung nach dem erstrebten Punkte geleitet.

Plötzlich erblickte ich mich von einer Menge eigenthümlich anheimelnder Gegenstände umgeben. Ich wußte kaum, wie mir geschah: Reminiscenzen aus der Leipziger Messe, Bruchstücke und Bilder aus den Arcaden von Wiesbaden und der frankfurter Zeil stellten sich dem überraschten Blicke dar, ja, einzelne Blechpartien erinnerten unwillkürlich an die Marktbuden ehrsamer deutscher Städtchen. Da fand der Gelehrte mitten im unermeßlichen Glaspalast die treue Copie derselben Lampe, bei deren Schein er später über eben jenen berichtet — ein Exemplar derselben Maschine, die ihm täglich den kastalischen Trank der neuern Literatur, den Kaffee, liefert: kurz, wir waren in der Abtheilung des Zollvereins angekommen.

„Hier, Herr Chemiker“, rief unser Führer, „hier sind wir am Ziele. Sehen Sie Ihre Triumphsäulen und Ehrenpforten; wir haben die chemischen Producte Ihres Landes vor uns.“

Auf flachen Tischen, dicht zusammengedrängt, erblickt man vor sich ein Chaos von Gläsern, Flaschen, Glocken, Vasen, Cylindern, Büchsen, Kästchen und Schachteln, groß und klein untereinander. Die Mehrzahl derselben war mit weißen, pulverigen oder krystallisirten Substanzen angefüllt, und das trotz der confusen Mannichfaltigkeit der Gefäße dennoch ziemlich unscheinbare und einfarbige Ansehen des

Ganzen wurde nur wenig gehoben durch verschiedene Partien von Ultramarin und andern Farben, indem namentlich ersteres so reichlich vertreten war, als ob hier ein blaues Wunder bewirkt werden sollte.

Hiermit ließ sich nicht imponiren, das fühlte ich sogleich. Die reichsten und artigsten Sammlungen chemischer Producte, die zierlichsten und reinsten Kryställchen, die ganze Reihe jener Stoffe, die die Welt nicht blos bedeuten, sondern wirklich zusammensetzen — Alles, was im Laboratorium, im Studirzimmer, im Cabinet das Herz des Chemikers erquickt und entzückt: es schrumpfte zum Winzigen im ungeheuern Raume, es verschwand ins Unbedeutende jenen Erzeugnissen gegenüber, wo Form, Farbe und Masse sich vereinigten, um die Aufmerksamkeit anzuziehen, die Sinne einzunehmen, die Phantasie zu fesseln. Was konnte es helfen, auf einige große und prachtvolle Krystallgruppen von Alaun und Blutlaugensalz hinzuweisen — die Bronzen von Paris, die Vasen von Sèvres, die Stoffe von Lyon, die Marmore Italiens, die Malachite Rußlands, die Waffen von Lüttich stellten alles Dies weit, weit in den Hintergrund. Ich versetzte mich in Gedanken von diesem friedlichen Stillleben chemischer Productengläser in die Abtheilung der Maschinen, mit ihren glattpolirten, glänzenden Rädern, Rollen und Scheiben, mit ihren Cylindern, Balanciers und Stangen — vielarmige, tausendfingerige Ungeheuer, alle in schnaubender und schwirrender Bewegung, als ob der unsichtbare Geist des Jahrhunderts, am Webstuhl der Zeit sitzend, die Arbeit regierend den Gewaltigen gebiete!

Dieser äußerliche Vergleich mußte zum Nachtheil der Chemie ausfallen. Der Triumph der Mechanik war gewiß: mein Gegner bedurfte nicht einmal der Worte, um ihren Erfolg zu sichern.

Jeder Dritte hätte den Entscheid auf flacher Hand liegend, den Streit für beendigt erklärt, der Mechanik den Preis zuerkannt und die Chemie zur Ruhe und Bescheidenheit verwiesen.

Nicht so der Chemiker. Muß er doch in sich das Bewußtsein tragen, daß alle diese unscheinbaren Gefäße mit Chemikalien wahre Pandorabüchsen sind, aus welchen, gleich entfesselten Leidenschaften, die losgelassen mit dämonischer Gewalt die mannichfaltigsten und großartigsten Wirkungen hervorrufen können, jene Stoffe hervorgehen, welche Licht und Feuer entzünden, Bomben beflügeln, Wasser zersetzen, Felsen auflösen — die fressenden Säuren, die ätzenden Laugen, die tödtlichen Gifte, die heilenden Salze, die flüchtigen Geister und Parfüme u. s. w.

Der Chemiker beherrscht und bestimmt die Qualität der Materie; und welche Phase des Lebens, welche Seite des Bedürfnisses kann sich hiervon unabhängig erklären? Geht nur durch diese ungeheuern Räume, angefüllt mit den Schätzen der Welt, bewundert den Glanz und die Farbenpracht jener Stoffe von Seide, Wolle und Baumwolle, betrachtet diese farbigen Papiere und Tapeten, diese Malereien von Sèvres, Berlin und Dresden, die Krystalle aus Böhmen, jene Tempel und Statuetten aus Stearin, diese Pyramiden und Krystalle von Zucker — weit ab von den Tischen der chemischen Präparate. Erforscht sodann, was diese Gegenstände so herrlich, so brauchbar, so wohlfeil, so verbreitet und so zugänglich gemacht hat, und die Antwort wird euch zurückführen ins stille Cabinet, wo der Chemiker seine Stunden verbringt, die Oscillationen der Zunge seiner Wage mit hingebender Geduld beobachtend.

Allein unmöglich erschien es, dem Nichtchemiker durch eine Ausführung jenen Zusammenhang sofort nachzuweisen, umsomehr, als wir uns an einem Orte befanden, wo der Werth der Zeit aufs höchste potenzirt war, und in einem Lande, wo schon die gewöhnlichen Redensarten ökonomisch in einzelne Sylben zusammengezogen zu werden pflegen. Es blieb mir daher nur der Antrag auf Suspension des Urtheils und die Berufung auf eine gründliche nachträgliche Beweisführung übrig. Dieselbe wurde gewährt; sie gab

Veranlassung zu der nachfolgenden Abhandlung, in welcher das Verhältniß der wissenschaftlichen Chemie zu den Künsten, Gewerben und dem Ackerbau nachgewiesen und somit ihre culturgeschichtliche Bedeutung auch nach dieser Seite begründet werden soll.

Wir werden zu diesem Zwecke zuerst eine Verständigung über den Werth von Theorie und Praxis versuchen, sodann die Bedeutung der rechnenden Chemie oder Stöchiometrie nachweisen und hierauf den Leser in eine nach wissenschaftlichen Principien geleitete chemische Fabrik einführen. Hieran reiht sich eine Darstellung der Bedeutung der chemischen Fabrikation des Zollvereins, sowie der chemischen Ausstellung des Glaspalastes. Der letzte Theil ist der landwirthschaftlichen Chemie gewidmet.

1. Praxis und Wissenschaft.

Fassen wir nochmals die Resultate ins Auge, deren Nachweis wir uns auf dem chemischen Gebiete hier als Aufgabe dieses Werks gestellt, so finden sich dieselben in den folgenden Sätzen zusammengedrängt:

1) Die Chemie hat in ihrer gegenwärtigen Entwickelung den Standpunkt einer selbständigen, in ihren Erscheinungen und Gesetzen an sich höchst bedeutenden und anziehenden Wissenschaft erreicht.

2) Die Chemie steht in der innigsten Beziehung und Wechselwirkung zu allen übrigen Wissenschaften und nimmt hierdurch einen wesentlichen Antheil an der allgemeinen Geistesbildung.

3) Die Thatsachen und Gesetze der wissenschaftlichen Chemie sind die durchaus nothwendige Grundlage des Gedeihens aller derjenigen Gewerbe und Geschäfte, bei welchen qualitative Veränderungen der Stoffe auftreten.

Hatten unsere seitherigen Ausführungen den beiden ersten Sätzen Genüge zu leisten, so stehen wir jetzt im Begriff, den dritten seiner Begründung entgegenzuführen.

In dem Augenblick, wo wir die Behauptung aufstellen, daß nur an der Hand der Wissenschaft eine wahre und gedeihliche Blüte der chemischen Gewerbe möglich ist, sehen wir eine ganze Reihe von Einwänden sich erheben, und namentlich die Praxis in ihrer Vollendung nicht allein als die Mutter der Industrie, sondern selbst als die Quelle der Wissenschaft sich darstellen. In Beziehung auf die letztere Behauptung genügt es, auf die früher gegebene kurze geschichtliche Entwickelung der Chemie hinzuweisen, wo hinreichend gezeigt worden ist, wie diese Wissenschaft, gleich jeder andern Naturwissenschaft, nur aus einer Anzahl zufällig gefundener und empirisch angewendeter Thatsachen ihre ersten Anfänge ableiten konnte. Es wurde jedoch nicht minder nachgewiesen, wie der Gedanke fortwährend bemüht war, jenen Thatsachen Zusammenhang, Allgemeinheit und gesetzlichen Ausdruck zu verleihen, während wir jetzt auszuführen haben, mit welchem Auge die mit jenen Gesetzen bewaffnete Wissenschaft ins chaotische Gewühl der Praxis blickt. Die praktische Seite einer jeden Naturwissenschaft ist eben ihre thatsächliche Unterlage, ohne welche sie gar nicht existiren kann, so wenig, wie eine Kraft sich äußern kann, ohne das Vorhandensein einer Materie. Die Verschiedenartigkeit der Betrachtungsweise der Praxis und der Wissenschaft läßt sich vielleicht in dem Gleichniß darstellen, daß erstere den auf Hochgebirgen rinnenden Schnee, letztere dagegen den über warmen Meeren sich erhebenden Wasserdampf für die Quelle unserer Flüsse erklären würde.

Von unverkennbarer Bedeutung sind indessen die Leistungen der Praxis, wenn wir diese in einzelnen Gewerben verfolgen, und es soll an einigen Beispielen nachgewiesen werden, wie die ganz empirische, aber beharrliche und umsichtige Experimentirkunst chemische Processe in die Industrie eingeführt hat, welche auf theoretischem Wege auszuführen zu den schwierigsten, kaum erreichbaren Aufgaben gerechnet werden

müssen. Im Bewußtsein solcher Leistungen kann daher die Praxis wol auftreten und dem gesetzkundigen Chemiker, dem Theoretiker, der geneigt wäre, sie über die Achsel anzusehen, etwa Folgendes zu bedenken geben:

Wer anders als der Praktiker hat denn, abgesehen von den gemeinern chemischen Producten, der Säuren, Alkalien, Seifen, Glas- und Thonwaaren u. s. w., so merkwürdige und erfolgreiche Methoden aufzufinden vermocht, wie sie namentlich bei manchen metallurgischen Arbeiten, im sogenannten Amalgamationsproceß, in den Beizen und dem Glühwachs der Goldarbeiter, dem Schießpulver, in der Färberei, in verschiedenen chemischen Erzeugnissen der Chinesen, in dem Firniß und Lack der Wagen- und Glanzlederfabriken, in der Bereitung des Bieres u. s. w. hervortreten? Und hat nicht die auf rein experimentellem Wege von Daguerre ausgeführte Photographie alle gelehrten Akademien der Welt in Erstaunen und gewissermaßen auf den Sand gesetzt?

Ferner, wenn die wissenschaftliche Chemie von so förderlichem Einflusse auf die Gewerbe ist, wie kommt es, daß z. B. Frankreich und Deutschland in der Entwickelung namentlich mehrer chemischer Industrien offenbar zurückstehen, im Vergleich zur Production Englands, wo das Wissen weniger allgemein verbreitet ist, während dagegen insbesondere Deutschland wimmelt von Universitäten, polytechnischen und Gewerbschulen, auf welchen theoretische Chemiker in Masse gebildet werden?

Endlich ist darauf hinzuweisen, wie der Fabrikant in der Regel übel bedient wird, wenn er zum Professor kommt, um sich Raths zu erholen. „Das ist meine Sache nicht, ich habe keine Zeit", und Anderes mehr, sind nicht selten die abfertigenden Antworten für den trostlosen Fabrikanten, der gläubig zum Orakel des Lehrstuhls gepilgert war. Und wenn nun wirklich einmal der Gelehrte die Leitung eines technischen Geschäfts versucht, wie manche Beispiele sind

nicht bekannt geworden, daß solche Anstalten nicht concurriren konnten mit andern, welchen ein reiner Praktiker vorstand! Nicht selten konnten junge Männer, auf den besten chemischen Hochschulen gebildet, mit Kenntnissen vortrefflich ausgestattet in den verschiedensten Zweigen der technischen Chemie, kein Geschäft emporbringen, während Industrien, die ganz auf chemischer Grundlage beruhen, sich in derselben Zeit und in demselben Lande zu einer außerordentlichen Blüte emporschwangen, obgleich sie von Leuten ins Leben gerufen wurden, die von chemischer Theorie keine Ahnung hatten.

Es sind dies Thatsachen, welche allerdings den Werth der Wissenschaft für das Gewerbe in einem zweifelhaften Lichte erscheinen lassen, und um die Leistungen der Praxis hervorzuheben, wollen wir nur eins der oben angeführten Beispiele hier einer nähern Betrachtung unterwerfen. Wir wählen hierzu den sogenannten Amalgamationsproceß, welcher angewendet wird, um aus Erzen von geringem Gehalt das Silber auszuscheiden. Wenn in solchen Erzen das Silber in metallischem Zustande enthalten ist, so erscheint dessen Gewinnung einfach. Die Erze werden aufs feinste zermahlen, hierauf längere Zeit mit hinzugefügtem Quecksilber geschüttelt, sodaß in letzterm das Silber sich auflöst und damit ein schweres Amalgam bildet, das man durch Abschlämmen mittels Wassers von dem Mineralschlamm trennen kann. Beim nachherigen Erhitzen des Amalgams entweicht das Quecksilber als Dampf und das Silber bleibt als Rückstand. Allein das meiste Silber ist in den Erzen als eine Verbindung mit Schwefel enthalten, die sich durch Quecksilber nicht ausziehen läßt. Es ist daher ein Verfahren einzuschlagen, wodurch zuerst das Silber vom Schwefel getrennt wird, um nachher der Amalgamation unterworfen zu werden.

In den Bergwerken von Mexico und Peru ist zu diesem Zwecke schon seit 1557 von den Spaniern ein Ver-

fahren üblich geworden, das noch bis auf den heutigen Tag in Anwendung kommt und als der amerikanische Amalgamationsproceß bezeichnet wird. Es ist darauf berechnet, aus sehr armen Erzen, wovon der Centner nur zwei bis vier Loth Silber liefert, dieses Metall zu produciren, und zwar ohne Anwendung des in den Bergwerksdistricten so seltenen Brennmaterials.

Zu diesem Zwecke wird das feingepochte Erz mit Wasser und einer gewissen Menge von Kochsalz zu einem Teig geknetet. Nach einigen Tagen erhält der Teig noch einen Zusatz von sogenanntem Magistral, d. i. schwefelsauerm Kupferoxyd, worauf dann, abermals nach einiger Zeit, Quecksilber in drei Zwischenräumen hinzugefügt wird. Es bildet sich jetzt in der Masse ein Amalgam aus Silber und Quecksilber, das durch Abschlämmen von der Mineralmasse getrennt und, wie oben angeführt, der Destillation unterworfen wird.

Schreiten wir nun zur Erklärung dieses Processes, so spricht sich die Quelle, der wir vorstehende Notizen entnommen haben, über denselben in folgender Weise aus: „Dieser Proceß, durch den bei weitem das meiste Silber in den Handel gebracht wird, ist von so zusammengesetzter Natur, daß man dreist behaupten darf, man wäre nicht durch bloßes Nachdenken auf ihn verfallen; eine Behauptung, die indessen auf einige andere sinnreiche metallische Operationen, z. B. auf das Abtreiben des Silbers, ebenfalls ihre Anwendung finden mag.“

Wenn daher schon dem Chemiker von Fach die Sache als eine verwickelte sich darstellt, so dürfen wir freilich kaum hoffen, dem Laien ein klares Bild der hier stattfindenden Zersetzungen darlegen zu können. Bedurfte es doch von Seite der Chemiker, welchen wir die Beschreibung und Erklärung des Amalgamationsprocesses verdanken, besonderer parallellaufender Versuche, um sich Einsicht in denselben zu verschaffen.

Die miteinander in Berührung gebrachten, am Proceß

Theil nehmenden Körper sind: Kochsalz (Chlornatrium), schwefelsaures Kupferoxyd, Silber, Schwefelsilber und endlich Quecksilber. Zunächst zersetzen sich die beiden erstgenannten Verbindungen: es entstehen aus denselben schwefelsaures Natron und zweifach Chlorkupfer. Letzteres wird von dem vorhandenen metallischen Silber zerlegt, unter Bildung von Chlorsilber und einfach Chlorkupfer. Es ist nun diese letztgenannte Verbindung, welche auf das Schwefelsilber einwirkt, sodaß Schwefelkupfer und Chlorsilber die Zersetzungsproducte sind. Man sieht, daß jetzt alles ursprünglich im Erz enthaltene Silber in Chlorsilber verwandelt ist, das durch den Einfluß des vorhandenen Kochsalzes aufgelöst wird und nun in Berührung mit dem allmälig hinzugefügten Quecksilber kommt. Es erfolgt nun die letzte Zersetzung, wobei Chlorquecksilber und metallisches Silber entstehen, welch letzteres mit noch übrigem Quecksilber zu dem schweren, durch Auswaschen abscheidbaren Amalgam sich vereinigt.

Das in den europäischen Bergwerken übliche Amalgamationsverfahren weicht von dem beschriebenen wesentlich ab, indem dabei Feuerung angewendet wird. Es ist jedoch von nicht minder interessanter Verwickelung. Doch wollen wir dem Leser die Mühe ersparen, sich durch eine weitere Zersetzungsreihe hindurchzuwinden, da hier, wie in den subtilen juristischen Processen, die geschickte und überraschende Ausführung doch nur vom Fachmann ganz zu würdigen ist.

Das gegebene Beispiel mag allerdings genügen, um die Leistungen einer jedenfalls auf reiche Erfahrung und ausgezeichnete Beobachtungsgabe gegründeten Praxis in ein glänzendes Licht zu stellen. Allein so sehr wir den Werth derselben ausdrücklich anerkennen, so folgern wir daraus nicht eine Herabsetzung der wissenschaftlichen Chemie in ihrer Bedeutung für die Gewerbe, und nicht schwer dürfte es fallen, die meisten der oben zu ihren Ungunsten aufgeführten Momente in ihrer Einseitigkeit aller Beweiskraft zu entklei-

den. Indem wir zunächst zugeben, wie die Praxis eine bedeutende chemische Industrie ins Leben gerufen hat, und uns vorbehalten, später zu zeigen, was die chemische Theorie aus dieser Grundlage zu entwickeln wußte, wollen wir hier nur einige der allgemeinen Bemerkungen zu widerlegen suchen.

So wurde oben bemerkt, daß die Blüte der Gewerbe keineswegs allerwärts im Verhältniß zur wissenschaftlichen Ausbildung der Individuen und Länder stehe; daß Deutschland mit seinem reichen Fonds naturwissenschaftlichen Wissens industriell gegen England weit in den Hintergrund treten müsse! Wären „Wissen und Können" die alleinigen Factoren des Gewerbes, dann würde allerdings Deutschland an der Spitze erscheinen müssen. Allein, wie leicht einzusehen, gehören zur Entwickelung und Blüte einer großen und mächtigen Industrie noch ganz andere Bedingungen, die leider in unserm Vaterlande so sehr vermißt werden, während England sich eines bereits Jahrhunderte langen Genusses derselben zu erfreuen hat.

Fassen wir die ungeheuern Vortheile der englischen Industrie gegenüber der deutschen in wenig Worte zusammen, so finden wir dort, außer der bereits erfolgten Amortisation der Anlagekosten aller der schon seit längerer Zeit bestehenden großen Etablissements, eine größere, den niedrigern Zinsfuß bedingende Capitalanhäufung, zahlreiche Creditanstalten und eine schnellere Zahlungsart, mit wöchentlicher Abrechnung. Ein allverbreiteter Welthandel mit gesichertem Absatz nach den Colonien, die ausgezeichnetsten innern und äußern Transportmittel, letztere unter dem Schutze einer mächtigen Flotte, machen dort die großartigsten Unternehmungen möglich. Rechnen wir hierzu noch den Vortheil der Nähe der größten Märkte der vorzüglichsten Rohstoffe, die Sorgfalt, mit welcher Erfindungen durch Patentgesetze gesichert und belohnt werden, im ganzen Gebiete Gleichheit in Münze, Maß, Gewicht, Wechsel- und Handelsgesetzen: und man

darf sich billig wundern, daß ein Land wie Deutschland, in welchem alle diese genannten Vortheile fast als negative Werthe erscheinen, überhaupt nur eine Industrie emporzubringen im Stande war, ja, wie England in diesem mit verkümmerten Zuständen ringenden Gebiete mehr und mehr einen Nebenbuhler entstehen sieht und zu verderben sucht.

Eine Vergleichung der chemischen Producte der londoner Ausstellung ließ deutlich erkennen, daß die Industrie Englands sich auf einzelne Artikel concentrirt, diese in ungeheurer Quantität erzeugt, sodaß Werke wie die von Tennant in Glasgow, Musspratt in Liverpool, Bradwell in Newcastle und Andern mehr, auf dem Continent nur wenige Rivalen hinsichtlich ihrer Großartigkeit haben mögen. Diese Einseitigkeit hat, wie eine jede Theilung der Arbeit, ihre vortheilhafte Seite, indem sie es ist, die vorzugsweise dem Producte große Güte und Wohlfeilheit verleiht. Vortheile, welche die englische Fabrikation begünstigen, können theilweise nur durch die Entfaltung einer größern Vielseitigkeit aufgewogen werden; und aus der großen Mannichfaltigkeit der chemischen Producte der deutschen Aussteller ist mit Recht auf eine verbreitetere chemische Ausbildung zu schließen, was hervorzuheben selbst der englische Bericht nicht verfehlt. Gegenüberstehende Industrien sind aber aufgestellten Heeren vergleichbar. Setzen wir numerische Stärke, Muth, physische Kraft, Ausrüstung u. s. w. auf beiden Seiten gleich, so muß endlich der Sieg für diejenige sich entscheiden, auf welcher wir die größte taktische Ausbildung antreffen.

Unglaublich erscheint die Quantität der einfarbig blauen und rothen Baumwollenzeuge, die England producirt und zur Bestreitung der einfachen Toilette der Neger und Indianer ausführt: allein in feinen bunten Kattunen und Musselinen behaupteten seither die Schweizer und namentlich die Franzosen durchaus den Vorrang. Abgesehen von dem Dessein, erfodert die Application verschiedener Farben umfassende chemische Kenntnisse; und begeben wir uns nach

Mühlhausen, dem Mittelpunkte dieser Fabrikation in Frankreich, so finden wir in den betreffenden Druckereien allerwärts das Farbwesen in den Händen theoretisch gebildeter Chemiker. Ja, englische Kattundruckereien ließen theoretisch gebildete Chemiker längere Zeit in Mühlhausen arbeiten und studiren, um die Fortschritte der französischen Färbeindustrie nach England zu verpflanzen.

Was wir nun hier im Allgemeinen für den industriellen Aufschwung der Nationen behauptet haben, gilt auch für die Unternehmungen Einzelner. Das chemische Wissen und Können allein reicht auch hier nicht aus, um eines Erfolgs bei Anlage einer Fabrik sicher zu sein. Es ist hierzu außer dem Capital noch ein wichtiges Erfoderniß nothwendig, nämlich kaufmännische Kenntnisse. Nur eine glückliche Vereinigung dieser drei Factoren, die in England ungleich leichter sich zusammenfinden als bei uns, gibt die größte Sicherheit für das Gedeihen eines Gewerbes, und eine nähere Untersuchung würde lehren, daß in den meisten Fällen solche Fabrikanlagen, die von tüchtigen Theoretikern unternommen wurden und nicht glückten, entweder von vornherein unrichtig calculirt waren, oder daß sie infolge mangelhafter mercantilischer Leitung zu Grunde gegangen sind. Aus Fällen der Art aber läßt sich natürlich kein Argument gegen das theoretische Wissen bilden.

Welchen Aufschwung dagegen ein Fabrikwesen unter wissenschaftlicher Leitung nehmen kann, zeigt die Tabackmanufactur und die Porzellanerzeugung in Oestreich, seit der gelehrte Baumgartner (gegenwärtig Minister) die Direction dieser Industrien in die Hände bekam. In ähnlicher Weise sind bei dem wichtigen Fabrikationsgeschäft der Münze in Frankreich seit lange her Chemiker vom ersten Ruf, wie Gay-Lussac, Pelouze und Andere, mit der obern Leitung beauftragt gewesen. Als das auffallendste Beispiel aber, welchen Werth man in Frankreich auf eine wissenschaftliche Einsicht in großen Industrien legt, ist anzuführen, daß

Napoleon III. den ausgezeichneten Chemiker Regnault, der als Director der berühmten Porzellanfabriken von Sèvres keinen Anstand nahm, dem Kaiser gegenüber zum entschiedensten Republikanismus sich zu bekennen, nicht etwa aus seiner Stellung entfernte, sondern demselben einen neuen Wagen zum Geschenk machte!

Zu erklären bleibt dagegen, wie wir noch jetzt nicht selten Gewerbe in großer Blüte erblicken, die ganz oder zum großen Theil auf chemischer Grundlage beruhen und deren Eigenthümer oder Gründer doch gar nichts oder nur äußerst wenig von Chemie verstehen. Hier werden wir in der Regel die beiden andern Factoren in vorwiegendem Maße wirksam finden: das Capital und die kaufmännische Speculation. Für schweres Geld ist dann oft die Methode oder das Recept, nach welchem fabricirt wird, gekauft worden, mit schwerem Gelde werden Werkführer und Arbeiter aus andern Fabriken gewonnen und entführt, und nicht selten hängt das ganze Geschick solcher Geschäfte an einem Geheimniß, das verrathen, an einer Persönlichkeit, die bestochen werden kann. Und welche Trost- und Rathlosigkeit herrscht dann gerade in solchen Fabriken, wenn die geringsten Zufälligkeiten, die im Recept nicht vorgesehen sind, störend auf dessen Ausführung einwirken, wenn anderwärts neue Methoden auftauchen und das Recept zu überflügeln drohen! Die letzte Zuflucht solcher Unternehmungen wird unvermeidlich die Wissenschaft sein müssen, denn nur diese ist im Stande, das Zufällige vom Gesetzmäßigen, das Unwesentliche vom Nothwendigen zu unterscheiden und demgemäß zu handeln.

Allein hier begegnen wir der oben angeführten Klage, daß der Belehrung suchende Industrielle beim Gelehrten ein wenig geneigtes Ohr finde und selten befriedigenden Bescheid erhalte. Wenn wir nun im Allgemeinen zugeben wollen, daß in Deutschland die Wissenschaft, von gelehrtem Nimbus umhüllt, eine ziemlich aristokratische Abgeschlossenheit gegen das Leben beobachtet, so hat sich dies in der neuern Zeit

doch wesentlich zum Vortheil gewendet und namentlich waren es die Naturwissenschaften, die am meisten anregten, den Resultaten der strengen Forschung in leicht zugänglicher Form eine allgemeine Verbreitung zu verschaffen. Allein niemals dürfen wir die Hochschule in eine Industrieanstalt verwandeln wollen, niemals zugeben, daß in den Hallen des Tempels die Tische der Wechsler und Krämer aufgestellt werden. Wir erinnern uns recht wohl, wie in Liebig's chemisches Laboratorium junge Leute aus den verschiedensten Industriezweigen eintraten, um sich auszubilden, und wie ein Jeder zunächst mit dem Gegenstande seines Geschäfts sich zu befassen gedachte. Der Drucker wollte in Farben arbeiten, der Seifen- und Stearinfabrikant in Talg und Fett, der Apotheker wünschte vor allen Dingen pharmaceutische Präparate darzustellen u. s. w., und Alle waren höchlich verwundert, daß Keinem etwas Dergleichen gestattet, daß Allen die gleiche Aufgabe gestellt ward, sich genau mit der chemischen Analyse vertraut zu machen, als derjenigen Methode, an welcher sowol die Gesetze der Wissenschaft als auch das praktische Verfahren, Versuche anzustellen und Untersuchungen durchzuführen, erlernt werden. Hiermit ausgerüstet, lautete die Weisung, kehre dann Jeder nach Hause in sein Geschäft zurück, wo ihm Local, Material und Hülfe zu Gebote stehen, mit Erfolg an der Verbesserung von dessen Betrieb zu arbeiten.

Wenn nun die Universität ihrer Bestimmung nach nicht auf den einzelnen Geschäftsbetrieb sich einlassen kann, so ist dies doch wol von der polytechnischen und technischen Fachschule umsomehr zu erwarten? Allerdings werden auf diesen Anstalten die einzelnen Fabrikationszweige im Einzelnen zum Gegenstande des Vortrags gemacht, und zwar nicht blos nach ihrer theoretischen Grundlage erörtert, sondern auch durch Versuche und praktische Uebungen erläutert und gelehrt. Insbesondere findet dies auf den speciellen Schulen statt, wie Bergakademien, landwirthschaftlichen In-

stituten und Druckereilehranstalten. Begreiflicherweise kann hier jedoch nur Das gelehrt werden, was allgemein bekannt ist; und von welch außerordentlichem Nutzen Anstalten der Art für den werdenden Fabrikanten sein mögen: Demjenigen, der bereits etablirt ist und Hülfe sucht, sind sie selten dienlich. Denn dieser will ja nicht das Bekannte, allgemein Uebliche, sondern das Neue und Besondere; er will entweder eine neue, wohlfeilere Methode oder einen ganz neuen Gegenstand der Production. Kann er diese nicht aus sich hervorbringen, so wird er umsomehr geneigt sein, sich bei den gelehrten Chemikern von großem Ruf Rath erholen zu wollen, je mehr wir bestrebt sind, die Leistungen derselben und ihren Einfluß auf alle Phasen des Lebens zur Anwendung zu bringen.

Es sind dem Verfasser mannichfache Berührungen von Gelehrten und Fabrikanten sammt den hervorgegangenen Resultaten bekannt geworden und es hat sich in dieser Beziehung in den verschiedenen Ländern eine sehr ungleiche Praxis gebildet. In England, wo unter Umständen Alles eine Waare ist, insbesondere aber die Zeit, die Idee und ein anerkennender Ausspruch eines Gelehrten von Fach, und wo dieselben auch als solche geschätzt werden, hat sich schon früh der Verkehr zwischen beiden Theilen auf diese Grundlage hin geregelt. Ein auf theoretischem Wege gefundenes, in der Technik brauchbares Resultat findet dort sogleich Capital und Patentschutz und erweist sich hierdurch nicht nur dem Gemeinwesen, sondern auch dem Entdecker nützlich und dankbar. Dem Techniker fällt es ebenso wenig ein, die Zeit und das Nachdenken des gelehrten Chemikers in Anspruch zu nehmen, ohne dafür eine angemessene Belohnung zu gewähren, als wir bei Consultationen berühmter Aerzte und Rechtsgelehrten die goldenen Schlüssel vergessen werden. Es wird dem Leser von großem Interesse sein, in dieser Beziehung einige Mittheilungen zu vernehmen, die dem Preiscourant eines englischen Chemikers wörtlich entliehen sind.

Der Letztere hat in Liverpool ein chemisches Unterrichtsinstitut mit Laboratorium errichtet und ertheilt Consultationen an den Handels- und Fabrikstand daselbst. Einige Beispiele mögen zeigen, wie ins Einzelne vorsehend die Preise bestimmt sind und welche Werthe dort für Zeit und Bemühungen in Anspruch genommen werden:

Untersuchung eines Fabrikationsprocesses	100—700	Thaler
Diäten ohne Unkosten	35	"
Eine Consultation	7	"
Boden- oder Düngeranalyse	7	"
Dieselbe, quantitativ	14—28	"
Hydraulischer Kalk (Analyse)	7—14	"
Chininbestimmung	14	"
Sodaprobe	$3^1/_3$	"
Braunsteinprobe	$3^1/_3$	"

u. s. w. u. s. w.

Viel naivere Beziehungen bestanden in dieser Hinsicht seither in Deutschland. Es war im Allgemeinen die Ansicht herrschend, daß ein guter Rath dem Chemiker nichts koste, also auch dessen Ertheilung keines Honorars bedürfe. Man kann behaupten, daß die Chemiker der deutschen Universitäten mit großer Bereitwilligkeit und Uneigennützigkeit der Technik ihren Beistand gewährten, bis Erfahrungen des Misbrauchs und der Undankbarkeit dieselben etwas zurückhaltender machten. Werden wir doch hier an ein Beispiel erinnert, daß ein Lehrer der Chemie durch Rath, Anweisung und Versuche nach und nach einem rührigen, aber unwissenden Unternehmer ein Geschäft einrichtete, welches einen enormen Aufschwung nahm und den Letztern zu einem reichen Manne machte, ohne daß er daran dachte, den eigentlichen Gründer des Unternehmens nur entfernt angemessen zu belohnen!

Aus diesen Erörterungen mag ein Grund entnommen werden, warum ein Theoretiker auf die Anfragen des Prak-

tikers nicht immer so bereitwillig Antwort zu ertheilen bereit ist.

Weitere Gründe liegen jedoch meist in dem Gegenstande selbst. Die gestellten Fragen sind im Allgemeinen zweierlei Natur. Entweder beziehen sie sich auf Umstände, die mehr oder weniger auf der Hand liegen und leicht zu befriedigen sind, oder sie betreffen gewisse Schwierigkeiten in den Fabrikationen, deren Ueberwindung eine höchst genaue Kenntniß ihrer Einzelheiten, selbst der Localitäten, namentlich auch in physikalischer Beziehung, eine Berücksichtigung aller Umstände erfodert. Fast niemals ist der Fabrikant im Stande, hierüber genügende Auskunft zu geben. Er weiß weder die eigene Frage richtig und genau zu stellen noch die an ihn gerichteten zu beantworten. Theoretiker und Praktiker reden eine beiderseitig unverständliche Sprache. Hierzu kommt nicht selten der Umstand, daß der Fabrikant wesentliche Punkte seines Verfahrens, sein Fabrikgeheimniß, aus Mistrauen verschweigt oder ungenau angibt und dennoch Verbesserung seiner Methode, Entfernung von Misständen zu verlangen im Stande ist. Mit Recht wird die Wissenschaft solche Zumuthungen zurückweisen und solche Fragen unbeantwortet lassen. Der beste hier zu ertheilende Rath wird darin bestehen, in ein solches Geschäft einen tüchtig gebildeten Theoretiker aufzunehmen und eine zeitlang arbeiten zu lassen. Dieser wird am ersten im Stande sein, Fehler zu beseitigen und Fortschritte zu veranlassen. Es muß überhaupt zur Vermittelung von Theorie und Praxis eine Classe gebildeter Chemiker dienen, welche Processe chemischer Fabrikation übernehmen, wie der Anwalt die juristischen, welche die Entdeckungen der Wissenschaft fruchtbar zu machen verstehen in den Gewerben, während die Wissenschaft selbst den kaufmännischen Trafik, den Speculationsgeist, die Ausbeutung entfernt hält von der akademischen Lehrkanzel.

Und nun zum Schluß dieses Capitels noch einige Worte über den Ruhm, welchen sich die Praxis infolge mehrfach

rein auf dem Wege des Versuchs erreichter Resultate zuzuschreiben geneigt sein dürfte. Gewiß, wir erkennen das Verdienstliche derselben an, wir haben selbst merkwürdige und auffallende Beispiele solcher Leistungen angezogen. Allein wenn wir ebenso wol im Stande wären, die tausend und aber tausend erfolglosen Unternehmungen anzuführen, welche von unwissenden Experimentatoren schon unternommen worden sind; wenn es möglich wäre, hier aufzuzählen, welch ungeheure Summen unter den Händen empirischer Laboranten bereits in Rauch aufgegangen sind, welche Anzahl von Industrien, in der überlieferten Praxis beharrend, rückwärts oder zu Grunde gegangen sind: so würden wir unbedenklich einer Methode den Rücken wenden, die auf einen ungewissen Gewinnst so viele Nieten erwarten läßt, und mit Sehnsucht müßten wir nach einem Führer uns umsehen, der unsere Opfer an Arbeit und Capital über den Zufall des bloßen Probirens erhebt. Ein solcher Wegweiser ist jedoch allein die wissenschaftliche Chemie.

2. Einfluß der chemischen Theorie.

In der Eröffnungsrede seiner Vorlesungen zu München sagt Liebig: „Theorie heißt die Darlegung des Zusammenhanges aller derjenigen Naturgesetze, durch deren Zusammenwirken eine Erscheinung, ein Vorgang bedingt wird. Jede Eigenschaft eines Körpers gibt unter Umständen einen Schlüssel ab, um eine verschlossene Thür zu öffnen, aber die Theorie ist der Hauptschlüssel, womit wir alle Thüren öffnen. In unserm Sinne ist die Theorie die Summe aller Praxis; sie beruht auf der genauesten Kenntniß der Thatsachen und Naturgesetze und ist aus dieser Kenntniß hervorgegangen.“

Die Ueberlegenheit des theoretisch Gebildeten beruht demnach hauptsächlich darauf, daß er nicht blos auf die eigene Erfahrung beschränkt ist, sondern daß er den Inhalt der

Gesammterfahrung in der gedrängten Form des Gesetzes besitzt. Vor allem ist es das Gesetz der bestimmten Gewichtsverhältnisse, in welchen die Stoffe chemisch miteinander sich verbinden, und das hierauf begründete genaue analytische Verfahren, welches vom erfolgreichsten Einfluß in der angewendeten Chemie sich erweisen muß.

Die Analyse gibt dem Fabrikanten Gewißheit über die Beschaffenheit seines Materials und dient ihm als Wegweiser bei dessen Auswahl. Das Gesetz der Aequivalente ist der Regulator, der ihm die Quantität des zu erwartenden Products voraussagt und ihn hiernach seine Methode einrichten läßt; und die Ueberzeugung, daß eine Umwandlung, eine Erzeugung der Materie unmöglich ist, schützt ihn vor unsinnigen Unternehmungen, wie solchen in weitgehendem Irrthum die Goldmacher anheimgefallen sind.

Genaue Kenntniß des Rohmaterials ist in wenig Worten die erste Bedingung jeder Fabrikation, deren Mangel die günstigsten Umstände zum Betriebe eines Geschäfts aufheben kann. Seit Jahrhunderten wird in amerikanischen Silberbergwerken eine Mineralmasse unter dem Namen des früher beschriebenen Magistrals im Amalgamationsprocesse angewendet, ohne daß man wußte, welches dessen eigentlich wirksamer Bestandtheil sei, bis endlich die Analyse zeigte, daß jenes Mineral Kupferkies enthalte, der beim Rösten in schwefelsaures Kupferoxyd übergehe, und daß man daher das Magistral geradezu durch Anwendung dieses Salzes ersetzen könne. Ein Cardinalpunkt der pharmaceutischen Waarenkunde war früher die Beurtheilung der Güte der China- oder Fieberrinde. Nur an äußere Merkmale sich haltend, wurden die zufälligsten Nebendinge zu wichtigen Kennzeichen erhoben, in kostbaren Kupferwerken die Flechten beschrieben, die auf den Chinarinden sich vorfinden, und mit deren Studium und Namen die Apothekerlehrlinge geplagt. Der Chininfabrikant, der gegenwärtig jene Rinde im Werthbetrage von Hunderttausenden einkauft, entschließt sich dazu nach einem

kurzen, aber entscheidenden analytischen Verfahren, das ihm den Gehalt der Rinde an Chinin angibt.

Für die große chemische Fabrikation gibt es nur wenige Stoffe, die von mehr Bedeutung sind als Braunstein und Soda. Nichtsdestoweniger kommen beide in so verschiedener Güte im Handel vor, daß ihre Beurtheilung von größter Wichtigkeit für den Fabrikanten ist. Der Braunstein ist ein Mineral von schwarzer Farbe, welches vorzüglich in der Chlorfabrikation angewendet wird. Sein Werth wird von dem Sauerstoffgehalt abhängig, der bei reinstem Braunstein 36% beträgt, während der im Handel vorkommende durch Beimengung von Gangart oder von minder sauerstoffreichen Manganoxyden eine bald mehr bald weniger bedeutende Verringerung seines Werths erleidet. So z. B. enthält der bei Gießen gewonnene Braunstein nahezu 97% Manganüberoxyd und ist daher ein fast reines Product, in Vergleich zu welchem es Sorten gibt, von denen der Fabrikant das anderthalbfache, ja das doppelte Gewicht nöthig hat, um ein und dieselbe Menge von Chlor zu produciren.*) Ausgezeichnete Chemiker waren bemüht, einfache und sichere Methoden aufzufinden, um die geringsten Unterschiede in der Güte eines so wichtigen Materials leicht und schnell nachzuweisen; allein wie sehr man auch hierauf Bedacht genommen hat, so erfodert doch jede der bisjetzt bekannten Verfahrungsarten, selbst die von Will und Fresenius angegebene, theoretische Kenntniß und setzt Geübtheit in Anstellung des feinern Versuchs, die Kunst des Wiegens voraus.

Bei der Soda kommen so auffallende Unterschiede in der Güte nicht wol mehr vor und die Prüfung ist leichter; allein dennoch ist mir der Fall vorgekommen, daß Praktiker engli-

---

*) Ein guter Braunstein muß wenigstens 60% Manganüberoxyd enthalten. Bessere Sorten enthalten 70—75%; solche über 80% kommen im Großhandel nicht vor.

sche Soda wegen des etwas billigern Preises einem deutschen Fabrikate vorzogen, obgleich das letztere um 8% reicher an kohlensauerm Natron war, was jene Preisdifferenz mehr als aufzuwiegen im Stande ist.

Bei einigermaßen bedeutend geringem Gehalte seines Materials wird zwar ein Praktiker auch bald einen Nachtheil in dem Ergebniß seiner Fabrikation wahrnehmen; da aber in den meisten Geschäften verschiedene Stoffe verwendet werden und außerdem die Methode noch von großem Einfluß ist, so kann er lange über die Quelle des Uebels in Ungewißheit sein. Hat der Fabrikant diese endlich erkannt, so ist er immer noch nicht im Stande, den Umfang genau auszumitteln; er wird überhaupt auf das Gebiet des Probirens gedrängt werden, auf welchem zeit- und geldraubendes Hin- und Herziehen schon so manches Unternehmen zu Grunde gerichtet hat.

Noch sei uns vergönnt, aus einem andern Productionszweige Beispiele anzuführen, welcher Werth auf genaue analytische Bestimmung der Qualität des Materials gelegt wird, nämlich aus dem Gebiete der Agricultur. Am ganzen Oberrhein wird die aus den Raffinerien abfallende Knochenkohle aufgekauft und nach Frankreich befördert. Die Wichtigkeit dieses Artikels für die Pflanzencultur hat veranlaßt, daß derselbe durch bestellte Chemiker untersucht und das Ergebniß der Analyse jeder Tonne angeheftet und nur hiernach der Preis bestimmt wird. Auch hinsichtlich des Guano hat die Landwirthschaft sich bereits genöthigt gesehen, den Analytiker zu Hülfe zu rufen, und ein ähnliches Verfahren, wie bei jener Knochenkohle, wird vielleicht auch hier noch in Uebung kommen müssen.

Das analytische Verfahren ist noch in einer andern Beziehung von unschätzbarem Werthe für den Techniker. Ausgerüstet mit demselben, gibt es für ihn keine Geheimnisse der Composition mehr. Es komme eine neue Metalllegirung, eine neue Farbe oder ein neues Arzneimittel in den Gebrauch:

die Zusammensetzung derselben wird dem geschickten Analytiker nicht lange verborgen bleiben. Ist aber diese ausgemittelt, dann ist es nur noch die Methode der Darstellung, welche er aufzusuchen hat. Wir erinnern in dieser Beziehung nur an einige der neuesten Zeit angehörige Beispiele. Es zeigten sich unlängst in Süddeutschland einige Franzosen, welche ein neues Verfahren der Gerberei feilboten, das in der unglaublich kurzen Zeit von einem Tage das vorzüglichste Sohlleder fertig bringen sollte. Als jedoch eine Probe ihres Products in die Hände eines Chemikers gelangte, fand derselbe bald, daß die Haut durch Behandlung mit Eisenvitriol allerdings sehr schnell das Ansehen, aber keineswegs die Eigenschaften des Leders erhalten hatte. Dies war das ganze Geheimniß, dessen Besitzer alsbald verschwanden. Bekannter ist die große Revalentafrage. Trotz aller Ereiferung und Marktschreierei des Mehlhändlers Barry du Barry in London haben die deutschen Chemiker vollkommen Recht, wenn dieselben die Revalenta für nichts Anderes als ein Gemenge des Mehls einer Hülsenfrucht mit einem feinen Getreidemehl erklären. Die Zuträglichkeit und Leichtverdaulichkeit des Wundermittels wird hierdurch keineswegs bestritten, eher bestätigt, als vielmehr die Prellerei bekämpft, für solche wohlfeile Substanzen dem leichtgläubigen Publicum fabelhafte Preise abzulocken.

Schon früher wurden die Thatsachen angeführt, als deren allgemeiner Ausdruck das Gesetz zu betrachten ist, daß alle Stoffe untereinander in unabänderlich bestimmten Gewichtsverhältnissen sich verbinden. Dieses an sich höchst interessante Resultat, welches die Grundlage der ganzen Atomtheorie ausmacht, erweist sich zugleich von ganz unschätzbarem Werthe für die angewendete Chemie.

Nichts ist im Stande, ein größeres Erstaunen hervorzurufen, als das unfehlbare Zusammentreffen irgendeiner wissenschaftlich vorausberechneten Erscheinung mit dem Erfolg in der praktischen Ausführung. Unvergeßlich wird mir

in dieser Hinsicht der erste Besuch auf einer Sternwarte sein, den ich noch in jungen Jahren, in Gesellschaft Anderer, an einem schönen Vormittage machte. Der Astronom, ein alter Herr in schwarzem Kleide, mit weißem Haar und kahlem Scheitel, führte die Gesellschaft mit freundlicher Gefälligkeit hinauf und zeigte die kostbaren Instrumente, große Refractoren, das Passageninstrument, den Kometensucher, das Heliostat, das Aequatorial und andere mehr, an welchen, wie gewöhnlich von Seiten der Laien, mehr der Glanz der eleganten Messingarbeit als die feinen Kreistheilungen, mehr der hohe Preis als die große Oeffnung der Linsen beachtet wurde. Als ein astronomisches Rohr auf einen entfernten Gegenstand gerichtet ward, wunderten sich die Damen, daß hier Alles umgekehrt erscheine, und meinten, ob dies wol die Ursache früherer Verkehrtheiten in der Astronomie gewesen sein möge. Als man ihnen hierauf ein Erdfernrohr überließ, ergab sich alsbald die bekannte Erfahrung, daß die meisten Personen nicht leicht im Stande sind, einen entfernten Gegenstand in das Sehfeld eines Fernrohrs zu bringen. Es dauerte daher lange, bis Alle einen entfernt im Felde pflügenden Bauer aufgefunden und dessen Knöpfe gezählt hatten. Der Professor, der mit lächelnder Geduld diese Bemühungen mitangesehen hatte, richtete jetzt die Frage an die Gesellschaft, ob dieselbe nun auf einmal einen Gegenstand am Himmel, etwa den Jupiter, zu sehen wünsche. Alle hielten diese Frage für eine Mystification, denn am blauen Himmel über uns war die Sonne der einzig sichtbare Gegenstand. Der alte Herr sah jedoch nach der Uhr, zog dann ein kleines Buch aus der Tasche, blickte einige Secunden aufmerksam hinein und stellte hierauf ein mächtiges Rohr nach der Theilung der verschiedenen Kreise. Nochmals warf er einen Blick in das Buch, nochmals prüfte er die richtige Stellung durch eine scharfe Lupe; dann nahm er die Kapsel von der Oeffnung des Fernrohrs hinweg und ersuchte uns nun, durch dasselbe den Blick nach dem Him-

mel zu richten. Alle zögerten. Jedermann erwartete irgendeine Täuschung, welcher Niemand zuerst sich aussetzen wollte, und dies verschaffte dem Jüngsten der Gesellschaft den Vorrang, den Anfang zu machen. Ein Ruf der Ueberraschung und des Erstaunens entfuhr aber Diesem, als er, durch das Rohr sehend, die zwar blasse, aber deutlich begrenzte Scheibe des Jupiter erkannte. Was soll man hier mehr bewundern, die Sicherheit, mit welcher die Berechnung aus den Bewegungsgesetzen des Planeten dessen Ort vorausbestimmte, oder die hohe Vollendung eines Instruments, das in einem Falle sich bewährte, wo schon die Abweichung eines Tausendtheils der Secunde bei der ungeheuern Entfernung jenen kleinen Gegenstand dem Sehfeld entrücken müßte! Wer aber war im Stande, dem Mechaniker eine solche Aufgabe zu stellen, ohne den Weg zur Erreichung vorzuzeichnen; wer sonst als der Mann der Wissenschaft, der Theoretiker, der Gelehrte! Und fürwahr, kein schönerer Triumph, keine reinere Freude kann eines Menschen Brust erfüllen, als in den milden, geistvollen Zügen des Professors sich spiegelte, bei den sich folgenden Ausdrücken der Bewunderung von Seiten der Gesellschaft.

Wählen wir noch ein anderes, lebendiger in die Gegenwart eingreifendes Beispiel, um den Einfluß der Wissenschaft auf die Praxis hervorzuheben. Als die ersten Nachrichten von dem Plan der Aufstellung des Glaspalastes ins Publicum drangen, da war es auch eine Art von vorsichtiger Ungläubigkeit, mit welcher dieselben aufgenommen wurden. Ein Palast aus Glas — welche Verbindung der Vorstellungen des Großen, Erhabenen, Soliden und des Schwachen, Zerbrechlichen, Haltlosen! Und war nicht ein jeder Denkende überrascht, als bald darauf die Ausführungen der Ingenieure sich vernehmen ließen und zeigten, welche Tragfähigkeit die eisernen Pfeiler, die Strebungen, die Stäbe und Glastafeln bei dieser Dicke und Höhe, bei jenem Flächeninhalt und beliebiger Neigung haben müssen; als sie mit

größter Genauigkeit nicht allein das eigene Gewicht der Ueberdachung, sondern auch den Druck des Windes und die Last des etwa aufliegenden Schnees berechneten? Erkennen wir hier nicht das vereinte Zusammenwirken mehrer Disciplinen, der Mathematik, der Physik und Meteorologie, zur Lösung der Aufgabe, wie sie bei der nachherigen Verwirklichung sich vollkommen bewährten!

Auch die Chemie hat ihre bestimmenden Gesetze, ihre vorausberechnende Theorie, und die Wissenschaft der Gegenwart unterscheidet sich hierdurch wesentlich von der der Vergangenheit.

Die Worte: Chlor, Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff, Schwefel, Kalium, Calcium, Natrium u. s. w. sind für uns nicht bloße Namen: sie sind zugleich der Inbegriff der bestimmten Zahlenwerthe, nach welchen jene Stoffe untereinander sich verbinden. Wir wissen, daß diese Namen zugleich die Zahlen 35, 8, 1, 6, 16, 28, 29, 32 bedeuten; daß, wenn Chlor mit Natrium sich verbindet, dies nur in den Gewichtsverhältnissen von 35 und 32 geschieht, daß ein Gewichtstheil Wasserstoff immer acht Gewichtstheile Sauerstoff erfodert, um damit Wasser zu bilden. Ist uns einmal bekannt, in welchem Verhältniß irgendein Stoff sich mit einem zweiten verbindet, so kennen wir hierdurch zugleich das Verhältniß, in welchem er sich mit allen übrigen Stoffen verbindet. Der Fabrikation erwächst aus diesem Gesetz ein ungemeiner Vortheil.

Lassen wir die Contraste wirken. Stellen wir uns den reinen Praktiker vor, wie vor funfzig Jahren alle es waren, vor fünfundzwanzig Jahren noch die meisten und selbst jetzt noch mehrfach dergleichen angetroffen werden, und legen wir ihm etwa die folgenden Fragen vor: Hier ist ein Centner Kochsalz! Wir wollen denselben zur Fabrikation von Soda und Salzsäure verwenden. Wie viel Schwefelsäure ist hierzu erfoderlich; wie viel Soda und Salzsäure muß erhalten werden? Ferner: Es ist ein Centner Schwefel gegeben; er soll

zur Darstellung von Schwefelsäure dienen. Was beträgt das Gewicht des zu erwartenden Products?

Ein Beispiel aus der organischen Chemie: Es soll berechnet werden, welches sind die Mengen von Weingeist, Branntwein und Essigsäure, die einem Centner Kartoffeln, ebenso viel Stärke oder Zucker entsprechen?

Endlich kommt auch der Apotheker und übergibt seinem Laboranten zwanzig Einguldenstücke mit dem Auftrag, daraus Höllenstein, d. i. salpetersaures Silberoxyd, zu fertigen, und als genauer Mann will er doch das Gewicht des vom Gehülfen zu liefernden Präparats sowie der in Verwendung kommenden Salpetersäure wissen.

Fragen genug! Suchen wir uns kurz zu fassen in den Antworten.

Vom Standpunkte der reinen Praxis, selbst der geschicktesten und erfahrensten, lassen sich vorstehende Fragen theils gar nicht, theils nur ganz unbestimmt beantworten.

Ein Praktiker sagt: Nach meinem Verfahren, welches gewiß das beste ist, denn es hat mich viel Geld gekostet, erhalte ich so und so viel und brauche dazu so und so viel, manchmal auch etwas mehr oder weniger, je nachdem ich kräftiges Salz oder fetten Schwefel, oder was dergleichen unklare Bezeichnungen mehr sind, anwende. Ein Zweiter ist vielleicht weniger zuversichtlich. Er gesteht ein, daß Andere aus demselben Material mehr Product erzielen; allein er kann sich das nicht erklären. Er meint, daran müsse entweder das anderwärts bessere Wasser schuld sein oder es stecke sonst etwas dahinter u. s. w. Fragt man Beide, ob sie es denn nicht für möglich halten, daß man das Doppelte oder Dreifache eines ihrer bisherigen Producte zu erzielen vermöge, so halten sie dies zwar für sehr unwahrscheinlich, allein sie können die Unmöglichkeit keineswegs behaupten.

Diese Unsicherheit, diese Unklarheit über die Grenzen der Fabrikation finden wir heutzutage sicher in keiner Soda- und Schwefelsäurefabrik mehr, aber namentlich noch in einer

Reihe von Gewerben, die eine Verbindung von chemischen und mechanischen Operationen sind, wie namentlich in der Färberei, Seifensiederei, Brauerei, Branntwein- und Essigfabrikation u. s. w. Hier spielen auch die Recepte, die Geheimnisse und Charlatanerien noch eine bedeutende Rolle.

Vernehmen wir nun die bestimmten und zuverlässigen Antworten der chemischen Theorie, indem wir mit der Darstellung der Schwefelsäure beginnen.

Die Zusammensetzung der concentrirten Schwefelsäure von $1{,}_{85}$ specifischem Gewicht wird durch die Formel $SO_3 + HO$ ausgedrückt, d. h. dieselbe ist eine chemische Verbindung von:

1 Atom Schwefel	= 16	Gewichtstheilen.
3 Atomen Sauerstoff	= 24	"
1 Atom Wasser	= 9	"
Das Atomgewicht der Schwefelsäure ist daher	= 49	Gewichtstheilen.

Wir haben somit nur folgende einfache Rechnungsaufgabe: Wenn in 49 Gewichtstheilen Schwefelsäure 16 Gewichtstheile Schwefel enthalten sind, wie viel beträgt die Menge der Schwefelsäure, in welcher 100 Pfund Schwefel enthalten sind?

$$\text{Folglich } \frac{100}{16} \times 49 = 306 \text{ Pfund.}$$

Die Theorie sagt uns also, daß auf einen jeden Centner Schwefel, der zur Fabrikation von Schwefelsäure verwendet wird, von der letztern 306 Pfund erhalten werden sollten.

Wird dieses Resultat nun auch wirklich in der Praxis erreicht? Vielleicht in keiner Fabrikation kommt man demselben so nahe wie bei der Schwefelsäurefabrikation, die auf 100 Pfund Schwefel 288 Pfund Schwefelsäure liefert, mithin nur 18 Pfund weniger, als die theoretische Berechnung verlangt. Es ergibt sich hieraus, daß 6 Pfund Schwefel in Verlust gerathen. Dieser Verlust möchte Manchem bedeu-

tend erscheinen. Allein wenn man bedenkt, daß in den Schwefelsäurefabriken auf den Centner Schwefel früher nur 140—186 Pfund Säure erhalten wurden, während jetzt aus derselben Menge Schwefel 288, ja bis 298 Pfund Schwefelsäure gewonnen werden, so wird der Fortschritt zur Erreichung der theoretisch gesteckten Aufgabe unverkennbar in die Augen fallen.

Auf ähnliche Weise läßt sich aus der durch die Analyse bekannten Zusammensetzung der Schwefelsäure, des Kochsalzes, der Salzsäure und der Soda berechnen, wie viel der beiden letztgenannten Producte aus 100 Pfund Kochsalz gewonnen werden sollten und wie viel Schwefelsäure hierzu erfoderlich ist. Es ergibt sich alsdann, daß für die obige Menge von Kochsalz 83 Pfund Schwefelsäurehydrat angewendet werden müssen und daß die entsprechenden Mengen der zu erhaltenden Salzsäure 155 Pfund und an calcinirter Soda 90 Pfund betragen.

Auch hier stimmt die Praxis mit der Berechnung nur annähernd überein, denn dieselbe liefert von 100 Pfund Kochsalz nur 60—66 Pfund Soda. Es wird ferner in dem Zwischenproceß der Ueberführung des Glaubersalzes in Soda an Kohle und an Kalk beinahe das Doppelte Dessen erfodert, was nach der Berechnung hierzu erfoderlich wäre. Aber dieser Mangel an Uebereinstimmung ist keineswegs Folge eines Fehlers der Theorie, sondern gerade der Unvollkommenheit der Praxis. Wir sind nur in wenigen Fällen und meist nur bei Behandlung von kleinern Quantitäten der Stoffe im Stande, dieselben so aufeinander einwirken zu lassen, daß nicht ein Theil derselben verloren wird, ohne an dem chemischen Proceß Theil zu nehmen. Bald ist es die Hitze, die einen Theil unserer Stoffe verflüchtigt, bevor noch die chemische Verbindung sich bewerkstelligt, oder ein Bestandtheil der Mischung, die in Wechselwirkung treten soll, geräth in Schmelzung und verhindert dadurch die Berührung der übrigen, sodaß nur unvollkommen durch Rühren und Umbrechen

diese hergestellt werden kann. Oder es wird ein Theil eines brauchbaren löslichen Stoffes unbenutzt in einer unbrauchbaren unlöslichen Masse zurückgelassen, weil die Ausziehung desselben kostspieliger ist als der Werth jenes Antheils, etwa so wie man darauf verzichtet, ganz schwache Salzquellen einzudampfen, weil das Brennmaterial mehr kosten würde als das daraus gewonnene Salz.

Zur Beantwortung der Frage aus der landwirthschaftlichen Chemie, in welcher der Werth von 100 Pfund Kartoffeln durch die daraus gewinnbaren Producte ausgedrückt werden soll, ist eine vorausgehende Untersuchung der Kartoffel selbst erfoderlich, welche ergibt, daß im Durchschnitt in 100 Pfund Kartoffeln 21 Pfund lufttrockenen Stärkemehls enthalten sind. Durch die chemischen Processe und die Operationen der Gährung, der Destillation und der Essigbildung läßt sich aber diese Stärke der Reihe nach in die folgenden Producte überführen, nämlich in Stärkezucker, Weingeist und Essigsäure. Denn 21 Pfund Kartoffelstärke entsprechen nach der Theorie 17 Pfund Stärkezucker, $8^7/_{10}$ Pfund wasserfreiem Alkohol, 10 Pfund Spiritus von 85%, 22 Pfund Branntwein von 40%, endlich 11 Pfund Essigsäure oder 200 Pfund gewöhnlichen Essigs, der $5^1/_2$% Essigsäure enthält.

Auch hier erreicht die Praxis nicht das von der Theorie vorgesteckte Ziel; allein es ist für sie von unschätzbarem Werthe, daß sie dieses Ziel kennt, daß sie die Mittel, jenem Ziele sich zu nähern, ihrem Werthe nach zu schätzen im Stande ist. Wem der Aufschwung bekannt ist, welchen gerade dieser Zweig des landwirthschaftlichen Betriebs seit fünfundzwanzig Jahren genommen hat, wird sicherlich dem Einfluß der durch theoretische Einsicht geregelten, sogenannten rationellen Betriebsweise hiervon das Verdienst zusprechen.

Am meisten wird unter den gegebenen Beispielen der Laborant des Apothekers der theoretischen Aufgabe sich nähern. Dieselbe sagt ihm, daß in 20 Guldenstücken, die zusammen

212 Grammen wiegen, neun Zehntel dieses Gewichts, also $190{,}_8$ Gramme reinen Silbers enthalten sind, daß zur Verwandlung desselben in salpetersaures Silberoxyd 217 Gramme wässeriger Salpetersäure von $1{,}_{41}$ specifischem Gewicht erfoderlich sind; endlich daß 299 Gramme geschmolzenen Höllensteins als Product erhalten werden sollen.

So haben wir denn in mehrfachen Beispielen gezeigt, wie die Theorie die Standarte und der Compaß des rechten Praktikers ist und wie ein treues und beharrliches Folgen der durch dieselbe bezeichneten Richtung sich um so lohnender zeigt, je genauer sie eingehalten wird.

3. Eine chemische Fabrik.

Nach dem Vorausgegangenen dürfte es wol für den Leser von großem Interesse sein, einmal selbst auf dem Schauplatz eingeführt zu werden, wo Theorie und Praxis ineinandergreifend vor seinen Augen die überraschendsten Metamorphosen der Materie bewerkstelligen, wo aus unscheinbaren, fast werthlosen Stoffen Reihen der nützlichsten Producte glänzend hervorgehen, wie der Phönix aus der Asche sich erhebt.

Gelegentlich einer Versammlung deutscher Naturforscher hatte sich eine Gesellschaft von Professoren der Chemie verschiedener Hochschulen zusammengefunden und war auf den Vorschlag eines einheimischen Collegen eingegangen, unter dessen Führung gemeinschaftlich einen Ausflug nach einer benachbarten chemischen Fabrik von bedeutendem Umfang zu unternehmen. So repräsentirte diese Gesellschaft die lebendigste Wissenschaft auf dem Wege zur thätigsten Praxis.

Eine zeitlang war man bereits von der Landstraße ab in der Richtung nach der einsam gelegenen Fabrik gefahren, als ein eigenthümlicher Geruch nach verbrannten Haaren sich wahrnehmen ließ.

„Wir sind bald an unserm Ziele“, sagte der Cicerone

der Gesellschaft. Es währte auch in der That nicht lange, als ein hoch in die Lüfte ragendes Kamin, umgeben von mehrfachen Gruppen ringsum vertheilter Gebäulichkeiten, sichtbar wurde.

Zur Seite, inmitten einer baumreichen, parkähnlichen Anlage erhob sich stattlich das Directionsgebäude, ein ehemaliges landgräfliches Jagdschlößchen. Es stand ganz in Uebereinstimmung mit dessen herrschaftlichem Charakter, daß man alsbald eine Anzahl von Pferden erblickte, die, sich selbst überlassen, in gemüthlicher Ruhe und Freiheit einen ausgedehnten grünen Grund beweideten. Allein nicht gering war das Erstaunen der Gesellschaft, als sie, näher gekommen, wahrnahm, daß diese armen Thiere sämmtlich der Mähnen und Schweife entbehrten.

„Diese Pferde“, erläuterte der Führer, „sind bereits frisirt. Es ist eine vorläufige Operation, welcher dieses Fabrikationsmaterial unterworfen wird. Denn von jener ganzen Heerde verläßt nicht ein einziges Atom diesen Ort in seiner jetzigen Form. Lasciate ogni speranza voi ch'entrate! Auf Hufen wandeln Haut, Muskel und Knochen herein, und in Gestalt von Phosphor, Leim, Salmiak, Blutlaugensalz und Berlinerblau wird diese Materie wieder ausgeführt!“

In der That ließ sich bald erkennen, daß die Heerde aus einer Gesellschaft auserlesener Rosinanten bestand, die keineswegs einer Wache zur Verhinderung des Durchgehens bedurfte und daß als deren Bestandtheil auch das Fett anzuführen, nur in anatomischem Sinne gestattet war. Dieselbe genoß hier noch einer kurzen Freiheit und Muße, bis der unerbittliche chemische Proceß Stück für Stück in seine zersetzende und umsetzende Gewalt nahm.

„Auch hier lassen Sie uns noch im Vorübergehen ein eigenthümliches Rohmaterial der hiesigen Fabrikation in Augenschein nehmen“, bemerkte der Führer, indem er vor einem großen schuppenartigen Gebäude Halt gebot.

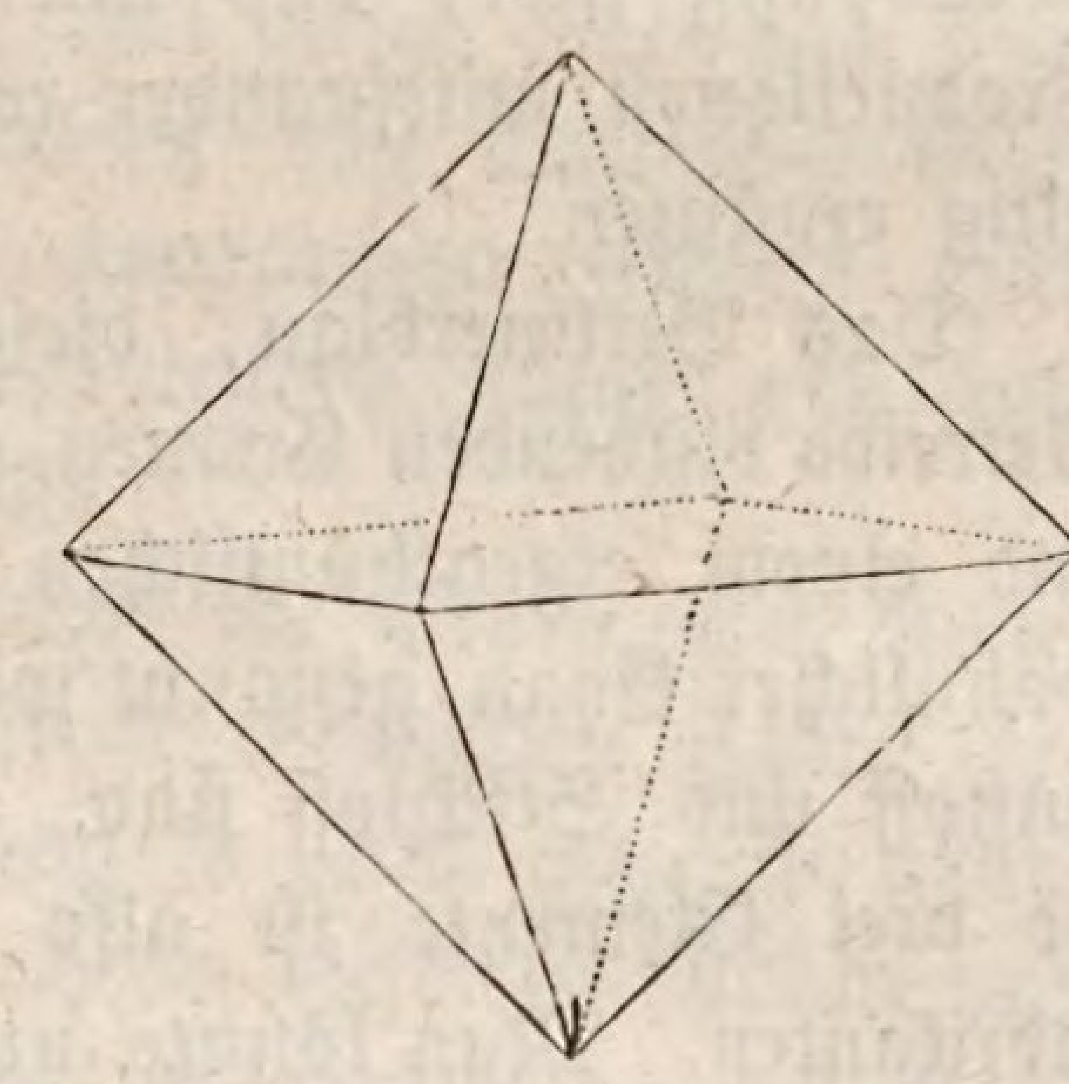
Welch sonderbarer Anblick! Eine Musterkarte vieler Tausende von Schuhen und Stiefeln, der mannichfachsten Form und Größe, übereinstimmend nur in dem allgemein herrschenden Invalidenzustand. Da waren alle Stände in dem wörtlichsten Sinne vertreten, ohne Unterschied von Alter und Geschlecht. Neben den ungeschlachten Bachstiefeln des Fischers erblickte man die papierdünne Sohle der leichtbeschwingten Tänzerin der großen Oper, neben den plumpen Stulpen des schweren Kürassiers das lackirte Stiefelchen des Stutzers. Welch reichen Stoff zu sinnigen Betrachtungen bot dieses Antikencabinet dem Culturhistoriker, selbst dem Politiker! Wie verschieden hiervon war die trockene Bemerkung des Chemikers, der beim Anblick dieses Lederwerks sogleich sich erinnerte, daß dessen stickstoffreiche Substanz das geeignetste Material zur Fabrikation des Berlinerblaus darbiete.

Die Gelehrten wurden jetzt von Director und Personal der Fabrik mit ehrerbietiger Höflichkeit empfangen und nach den verschiedenen Schauplätzen der einzelnen Operationen geleitet.

Begründet wurde ursprünglich die Fabrik auf das Zutagekommen eines benachbarten, mächtigen Lagers von Thonschiefer, der auch Alaunerz genannt wird und zur Darstellung des Alauns dient. Der Alaun ist ein aus Schwefelsäure, Thonerde und Kali bestehendes Salz, welches in der Färberei und Papierfabrikation in größter Menge verbraucht wird. Die Hauptbestandtheile jenes Thonschiefers sind Kohle und Thonerde, in welche Schwefeleisen in Gestalt von sehr feinen Körnchen eingesprengt ist. Zu Wällen von großer Ausdehnung, sogenannten Halden, gehäuft, wird der Thonschiefer einer möglichst langsamen und gleichförmigen Verbrennung unterworfen, wobei sich das Schwefeleisen durch Aufnahme von Sauerstoff aus der Luft in schwefelsaures Eisenoxydul oder grünen Vitriol und Schwefelsäure umwandelt, welche letztere mit der Thonerde sich verbindet. Durch Krystallisation entfernt man den Vitriol, gewinnt

auch gelegentlich durch Glühen eines niederfallenden basischen Eisensalzes jene rothe Farbe, die unter dem Namen von Englisch- oder Pariserroth im Handel erscheint. Die Concentrirung der Lauge geschieht in ungeheuern, gemauerten und oben überwölbten Behältern in einer Weise, welche dadurch interessant ist, daß die Flamme über den Spiegel der Flüssigkeit hinstreicht und so die Verdunstung veranlaßt, die sonst gewöhnlich durch unterhalb angebrachtes Feuer bewirkt wird. Indem man endlich der schwefelsauern Thonerde noch Kalisalze zusetzt, wird die Alaunbildung zu Stande gebracht und zuletzt in großen Fässern die Krystallisation desselben vollendet. Hierbei kleiden sich Boden und Wandung an denselben mit großen, oft mehre Pfund schweren Krystallen aus, deren Form in vollkommenster Ausbildung ein regelmäßiges Octaeder (Fig. 35) ist und von welchen wir am Anfange dieses Abschnitts eine Gruppe dargestellt erblicken. Nachdem die nicht krystallisirende Lauge entfernt und die leicht zusammengefügte Wand eines solchen Fasses hinweggenommen ist, erblickt man jetzt einen mächtigen schneeweißen Alauncylinder, dessen innere Höhlung aus den hervorragenden Spitzen der herrlichsten Krystallpyramiden besteht und ein lebhaftes Bild jener Zaubergrotten darbietet, deren Decke und Wände die dichterische Phantasie der Märchen mit funkelnden Edelsteinen zu überkleiden pflegt.

Fig. 35.



Minder groß und prachtvoll, allein von einer schönen blaugrünen Farbe, sind die Krystalle des Eisenvitriols, der bei diesem Verfahren in so ungeheurer Menge gewonnen wird, daß die Vorräthe desselben, zu ganzen Hügeln gehäuft, oft jahrelang liegend dem Verbrauch entgegenharren. Sie

verlieren indessen rasch ihre schöne grüne Farbe, die sich an ihrer Oberfläche in eine schmuziggelbe verwandelt. Und dennoch ist der Einfluß der Mode so außerordentlich, daß, als in den dreißiger Jahren Laune und Geschmack sich vorzugsweise den violetten, grauen und Lila-Farben zuwendete, in kurzem der mehrjährig zurückgelegte Vorrath des zu jenen Farben erfoderlichen Eisenvitriols aufgebraucht war. Da aber der Charakter der Mode eben die Unbeständigkeit ist, so mußte der Fabrikant auf ein nachhaltigeres Mittel sinnen, den Vitriol möglichst zu verwerthen, und indem er den Weg einschlug, denselben zur Gewinnung von Berlinerblau zu verwenden, wurde jene ganze Fabrikation mit hineingezogen, die wir oben berührten und als deren Material der ganze thierische Körper zu betrachten ist. Darin besteht eben ein Hauptvortheil jeder Fabrikation, daß sie sich eine gewisse Abrundung gibt, daß nichts unbenutzt abfällt, daß solche Productionen miteinander combinirt werden, die sich gegenseitig ergänzen.

Das Berlinerblau, dieses prachtvolle Blau unserer im Getreide blühenden Cyanen (Kornblumen), besteht aus Eisen und einem eigenthümlichen Stoff, der Blaustoff oder gewöhnlicher Cyan genannt wird und dessen Bestandtheile Kohlenstoff und Stickstoff sind. Die chemische Vereinigung dieser drei Elemente ist also die Aufgabe des Berlinerblaufabrikanten. Man könnte nun erwarten, daß die Darstellung dieser Farbe keine besondern Schwierigkeiten bieten würde, denn nichts ist leichter, als die genannten drei einfachen Stoffe in beliebigen Verhältnissen zusammenzubringen. So z. B. könnte in jedem eisernen Ofen, mit welchem wir unsere Stuben heizen, die Bedingung zur Bildung von Berlinerblau gegeben sein, da hier Kohle, Eisen und der Stickstoff der durchziehenden Luft fortwährend in gegenseitige Einwirkung zu treten vermögen. Allein es ist gerade eine der besondern Eigenthümlichkeiten der einfachen Stoffe, gegenseitig so ungleiche Verwandtschaftsgrade zu äußern, welche

überdies unter veränderten Umständen die wesentlichsten Modificationen erleiden, daß eine Vorausbestimmung an sich ganz unmöglich ist. Da sind wir ganz auf die Erfahrung gewiesen, der hier wie in jeder andern Naturwissenschaft die ersten Elemente entnommen werden müssen.

Nun zeigte die Erfahrung, daß Kohlenstoff und Stickstoff vorzugsweise dann leicht zu Cyan sich verbinden, wenn ein Körper, der jene beiden Stoffe reichlich enthält, z. B. Leder, Haare, Horn oder eingetrocknetes Blut, mit einer starken Basis, besonders mit Kali, längere Zeit geglüht wird. Geschieht dies unter Zusatz von etwas Eisen, so entsteht eine Doppelverbindung von Cyankalium mit Cyaneisen, welche als ein lösliches Salz in Gestalt von schönen, großen, goldgelben Krystallen erhalten wird, das den Namen Blutlaugensalz oder eisenblausaures Kali erhalten hat. Mit orydhaltigem Eisenvitriol versetzt, gibt dieses Salz das Berlinerblau, welches in mehren Sorten von ungleicher Güte vorkommt, je nachdem dasselbe unvermischt gelassen wird oder einen mehr oder weniger bedeutenden Zusatz von aufgeschlemmtem weißem Thon erhält.

Verfolgen wir nun das Schicksal der armen alten Rosse, welche uns in der Umgebung jener chemischen Fabrik begegneten, so findet dessen Erfüllung in ganz getrennt abliegenden Gebäulichkeiten statt. Nachdem dieselben Mähne und Schweif, wie bereits erwähnt, zur Verarbeitung als Roßhaare abgegeben haben, fällt eins nach dem andern dieser Thiere der chemischen Industrie als Opfer. Die Masse des getödteten Körpers wird in drei verschiedene Theile gesondert, um nach drei Richtungen hin vernutzt zu werden. Haut, Horn und Hufe wandern, wie bereits bemerkt wurde, nach dem Berlinerblauwerk; die Knochen dienen zur Leim- und Phosphorgewinnung und die Muskelsubstanz und sonstige Abfälle werden der Destillation unterworfen, als deren Hauptproduct das Ammoniak erhalten wird.

Phosphor, der Lichtträger, nach seiner jetzigen Anwen-

dung besser der Lichtmacher genannt, war zu Anfang dieses Jahrhunderts noch eine kostbare Substanz; ihn an die Stelle des Schwefels zu versetzen, durch Phosphorhölzer die altherkömmlichen Schwefelhölzer zu verdrängen, erschien noch vor fünfundzwanzig Jahren als eine Chimäre. Gegenwärtig kauft man tausend Stück Phosphorzündhölzer für zwei Kreuzer.

Die Knochen sind in verschiedener Beziehung ein werthvolles, allmälig im Thierkörper angesammeltes Capital zu nennen. Solange der Körper noch im Entstehen begriffen ist, sind an der Stelle der Knochen nur Knorpel vorhanden, die jedoch später verhärten, indem zwischen die weiche Knorpelsubstanz die aus phosphorsauerm Kalk bestehenden Knochenkörperchen sich einlegen und dadurch dem ganzen Gebilde die erfoderliche Festigkeit verleihen. Daher einerseits die Wichtigkeit der Knochen in der Oekonomie als Düngmittel und anderseitig in der chemischen Fabrikation.

Die letztere verarbeitet die Knorpelsubstanz zu Leim und scheidet den Phosphor aus dem phosphorsauern Kalk. Zu diesem Ende werden die Knochen in geeigneten Behältern mit Salzsäure übergossen, welche das Kalksalz auflöst und den Knorpel zurückläßt, der dabei ganz die vorherige Gestalt des Knochens beibehält. Man glaubt Schenkelknochen, Wirbelbeine u. s. w. vor sich zu haben, in der That aber sind es nur Gallertmassen, welche deren Form besitzen. Dieselben werden von der Salzsäure durch Auswaschen gereinigt und zu Leim versotten.

Die von der Knochengallerte ablaufende saure Flüssigkeit enthält den phosphorsauern Kalk, der den festen Theil der Knochen bildete. Man versetzt diese Flüssigkeit mit dem ammoniakhaltigen Product der Destillation der übrigen thierischen Reste, wodurch einerseits Salmiak entsteht, den man einer weitern Reinigung unterwirft, während der phosphorsaure Kalk wieder in Form eines schlammigen Niederschlags erhalten wird. Es gelingt, mittels Schwefelsäure den Kalk theilweise von der Phosphorsäure zu trennen und es wird

alsdann zur letzten Operation geschritten, nämlich zur Abscheidung des Phosphors vom Sauerstoff. Zu diesem Zwecke wird die Phosphorsäure haltige Flüssigkeit mit Kohlenpulver vermengt, eingetrocknet, in irdene Retorten gefüllt, deren eine große Anzahl in Reihen zu beiden Seiten eines gemeinschaftlichen, sogenannten Galeerenofens demselben Feuer ausgesetzt werden. In hoher Temperatur wirkt die Kohle zersetzend auf die Phosphorsäure, indem sie mit dem Sauerstoff der letztern zu gasförmig entweichender Kohlensäure sich verbindet. Gleichzeitig entwickeln sich jedoch auch die Dämpfe des nun isolirten Phosphors, die sich, an die Luft gelangend, augenblicklich entzünden würden, wenn nicht die Mündungen jener Retorten in geeigneten Vorrichtungen unter Wasser getaucht wären. In diesem verdichtet sich der Phosphor zu Klumpen von braunrother Farbe und erhält nachmals eine nothwendige Reinigung, indem er unter heißem Wasser geschmolzen und durch poröses Leder gedrückt wird. Man pflegt den Phosphor alsdann in dünne Stängelchen zu formen und in dieser Gestalt in den Handel zu bringen.

Die wandernde gelehrte Gesellschaft schickte sich jetzt zu ihrem letzten Gange an. Er galt derjenigen Abtheilung des gesammten Fabrikwesens, die zuerst von allen schon in großer Entfernung sich den Geruchsnerven der Reisenden bemerklich gemacht hatte, nämlich den Anstalten zur trockenen Destillation von Thierkörpern und thierischen Abfällen der mannichfachsten Art. Dieselben befanden sich weit ab von den übrigen Gebäuden und waren überdies in Beziehung auf den herrschenden Wind so angelegt, daß die unvermeidlich entweichenden übelriechenden Gasarten nur selten nach den andern Werken sich verbreiteten. Hierher wanderten die abgelösten Muskeltheile der mehrerwähnten Pferde und was sonst von kleinern todten Thierkörpern aus der Umgebung sich bot. Ja, mehrmals fanden jene Tausende von Ratten, welche die in den Abzugskanälen von Paris ange-

stellten Razzias lieferten, eine ähnliche Bestimmung. Große gußeiserne Kessel, durch gewölbte Deckel verschließbar, dienten zur Aufnahme aller dieser wenig annehmlichen Substanzen, auf welche sofort von außen die zersetzende Wirkung des Feuers begann, während durch oben angebrachte Rohre die entstehenden flüchtigen Producte nach geeigneten Verdichtungsapparaten geleitet wurden.

Die gemeine Erfahrung zeigt schon, daß thierische Stoffe, sich selbst überlassen, alsbald der unter dem Namen von Fäulniß oder Verwesung bekannten Zersetzung allmälig anheimfallen. Unter Mitwirkung des Sauerstoffs und der Feuchtigkeit der Atmosphäre entstehen nach und nach gasförmige Producte: der Körper verschwindet, seine in die Luft übergegangenen Bestandtheile werden unsichtbar über das Land verbreitet, um aufs neue durch den Vegetationsproceß der Pflanzen den Kreislauf der organischen Materie anzutreten. Nur die Knochenmasse, falls eine solche vorhanden, nimmt an diesem Zerfalle keinen Antheil: sie allein bleibt alsdann übrig, als Grundriß des verschwundenen Gebäudes. Auch wir suchen solche Zersetzungsstätten der thierischen Materie möglichst aus unserm Bereich entfernt zu halten, denn wennschon ihre gasförmigen Producte unsichtbar in die Atmosphäre entweichen, so erheben sie sich doch keineswegs geruchlos. Man wende sich nicht allzu empört ab, wenn hier jenes heftigen, stechenden und die Augen reizenden Geruchs Erwähnung geschieht, den namentlich bei feuchter Witterung die Cloaken ausstoßen. Derselbe gehört einem Gase an, dem Ammoniak, das in Tausenden der elegantesten Smelling-bottles im pretiös reinlichen England von den Händen zarter Ladies so oft zur Nase geführt wird, das in verschiedener Verbindung zu den wirksamsten, die Haut- und Gefäßthätigkeit erregendsten Arzneimitteln gehört, das wegen seiner alkalischen und flüchtigen Beschaffenheit in zahllosen chemischen und technischen Producten eine ungemein wichtige Rolle spielt.

Kein Wunder also, wenn dieses Ammoniak Gegenstand einer großartigen Fabrikation geworden ist. Die thierische Materie wird zu dessen Erzeugung jedoch nicht der freiwilligen Zersetzung überlassen, welche die entstehenden Producte in die Atmosphäre zerstreut, sondern in den bereits beschriebenen Vorrichtungen erhitzt, eine Operation, die mit dem Namen der trockenen Destillation belegt wurde, da hier die Mitwirkung des bei der Fäulniß von außen hinzutretenden Wassers ausgeschlossen ist. Auch der Einfluß des atmosphärischen Sauerstoffs ist in diesem Falle beseitigt und es können daher die entstehenden Producte ihre Bestandtheile lediglich aus dem Thierkörper selbst entnehmen. Der Verlauf der trockenen Destillation ist deshalb sehr verschieden von dem der Verwesung. Im Anfange bilden sich brennbare Kohlenwasserstoffgase, die sogleich wieder unter den Kessel geleitet und zur Feuerung desselben benutzt werden. Dann treten flüchtige, ölartige Verbindungen von durchdringendem Geruch auf in Begleitung von Schwefelwasserstoff, Kohlensäure und Ammoniak, welche in den mit Wasser versehenen Verdichtungsbehältern angesammelt werden. Endlich erscheint braunes und dickflüssiges, theerartiges Oel und Theer, während ein hauptsächlich aus Kohle bestehender Rückstand in dem Kessel angetroffen wird.

Von den ölartigen und theerähnlichen Flüssigkeiten, die hierbei entstehen, ist trotz ihres furchtbaren Geruchs und Geschmacks eine, wiewol sehr beschränkte, medicinische Anwendung gemacht worden. Sie sind viel mehr ein lästiges als werthvolles Product, das man als Brennmaterial zu verwenden sucht. Dagegen ist es die wässerige, ammoniakhaltige Flüssigkeit, die schon lange unter dem Namen Hirschhorngeist ein kräftiges, vielfach angewendetes Heilmittel abgibt, welche zur Darstellung des Salmiaks und des ammoniakhaltigen Alauns im großen Maßstabe ihre Anwendung findet.

Wollen wir nochmals einen Blick über die ganze in diesem Fabrikbetriebe bewirkte Metamorphose der Materie ge-

winnen, so geschieht dies in Form einer Gleichung, wo auf einer Seite das eingeführte Rohmaterial, auf der andern das ausgeführte chemische Product verzeichnet ist, wie folgt:

Zugeführtes Material:		Ausgeführte Producte:
a) Naturproducte: Thonschiefer, Thierkörper, Sauerstoff, Wasser; b) Kunstproducte: Pottasche, Schwefelsäure, Salzsäure.	=	Alaun, Eisenvitriol, Pariserroth, Blutlaugensalz, Berlinerblau, Leim, Phosphor, Salmiak, kohlensaures Ammoniak, Gyps, flüchtiges Theeröl.

„Mit fremden Schätzen reich beladen", bestehend in auserlesenen oktaedrischen Krystallen von Alaun, Prachtexemplaren von Blutlaugensalz, Musterkarten von Berlinerblau und Anderm mehr, die bestimmt waren, den spätern Vorlesungen zur Illustration und Belebung zu dienen, kehrten die Professoren nach dem Directorathause zurück, wo ein festliches Mahl die der Wissenschaft von Seiten der Industrie bewiesene Huldigung würdig abschloß.

„Und fürchten Sie keinen Nachtheil", fragte ein Gast den Director, „indem Sie sachverständigen Männern Ihre ganze Geschäftseinrichtung auf diese Weise darlegen?"

„Bei Gelehrten nehmen wir keinen Anstand, dies zu thun", erwiderte der Director; „denn die Erfahrung hat gezeigt, daß uns hieraus noch niemals ein Nachtheil, wol aber mehrfacher Vortheil entstanden ist. Mitunter haben sich Bemerkungen, Ideen, Winke, welche Männer dieser Art nur gelegentlich bei der beschauenden Durchwanderung fallen ließen, in ihrer Verfolgung als wahre Goldkörner erwiesen. Die Berührung mit der Wissenschaft ist ein Segen für die Industrie!"

4. Die chemische Fabrikation des Zollvereins.

Zahlen entscheiden! In der Wissenschaft, in dem Verkehr, in der Politik ist dies ein charakteristischer Kernspruch

der Gegenwart. Vor allem sind es die Naturwissenschaften, welche darauf hinarbeiten, ein jedes Phänomen nach allen Richtungen quantitativ zu bestimmen. Was einer solchen Auffassung sich entzieht, wie dies theilweise im Gebiete der Meteorologie und der Physiologie der Fall ist, gehört zu dem bisjetzt noch Unvollendeten, Schwankenden, für welches neue Hülfsmittel, neue Methoden mit rastlosem Eifer gesucht werden. Selbst die Phänomene des Geistes hat man nach gewissen Richtungen nach Zahlenwerthen aufzufassen gesucht. Die Statistiken der Verbrechen, der Geistesverwirrung, der Selbstmorde, der Talente u. s. w. sind Versuche der Art. Nicht mit Unrecht glauben wir aus der Häufigkeit gewisser Erscheinungen auf eine entsprechende Wiederholung der bedingenden Ursachen schließen zu dürfen.

Bei genauer Untersuchung verlieren jedoch die Zahlen einen Theil ihres Werths und zwar umsomehr, je unbestimmter die Factoren sind, aus welchen sie hervorgegangen, oder je verwickelter die Verhältnisse, auf welche sie Anwendung finden sollen. In solchen Fällen kann ein rücksichtloser Schluß aus der Zahl zu einem ganz verkehrten Resultate führen, und darum ist namentlich in den Gebieten der Psychologie, der Politik und des Handels die Anwendung von numerischen Werthen mit allergrößter Umsicht zu gebrauchen.

Wenn wir aus der geringen Anzahl der in einem gewissen Lande zur Bestrafung kommenden Vergehen und Verbrechen einen günstigen Schluß auf den sittlichen Zustand seiner Bevölkerung ziehen, so verwandelt sich derselbe gerade in das entgegengesetzte Resultat, sobald es sich z. B. herausstellt, daß in jenem Lande wegen allgemein herrschender Bestechlichkeit und Käuflichkeit der größte Theil der Uebertretungen des Gesetzes nicht zur Anzeige oder nicht zur Bestrafung kommt. Die Einfuhrlisten Hannovers ergaben für dieses, im Vergleich mit den übrigen deutschen Ländern, einen so außerordentlichen Mehrverbrauch an Colonialwaa-

ren auf den Kopf, daß hierauf im Septembervertrag mit Preußen das Hannover so sehr begünstigende Präcipuum bei der Vertheilung der Zolleinnahme begründet wurde. Läßt sich jedoch die höchst wahrscheinliche Annahme als begründet nachweisen, daß ein großer Theil jener Waaren auf dem Wege des Schmuggels ins Zollvereinsgebiet überging, so erhalten die bei Berechnung des Präcipuums zu Grunde gelegten Werthe ebenfalls die ganz entgegengesetzte Bedeutung.

Indem wir selbst hier eine Zahlenreihe vorzuführen im Begriffe stehen, hegen wir natürlich nicht die Absicht, das Vertrauen zu derselben zu schwächen, da uns zur Erhebung derselben an sich die zuverlässigsten Quellen zu Gebote standen: es sollte nur im Allgemeinen jener Einseitigkeit entgegengetreten werden, welche in extremer Richtung die Zahl als alleinigen Factor in die Berechnung der Erscheinungen des Lebens übertragen möchte.

Das lebendigste Bild von der Bedeutung der chemischen Fabrikation würde dem Leser unstreitig durch eine vollständige Statistik der chemischen Gewerbe des Zollvereins dargeboten werden, welche die erzeugten Quantitäten und deren Werthe nachzuweisen hätte. Allein obgleich durch die in den meisten Zollvereinsländern bestehenden Gewerbvereine zu Erhebungen der Art einigermaßen die Gelegenheit gegeben ist, so würde die Ausführung einer solchen, sobald dieselbe der erfoderlichen Vollständigkeit und Genauigkeit entsprechen soll, einen mehrjährigen Zeitaufwand erfodern. Dagegen erscheint es von nicht minder großem Interesse, zu erfahren, in welchen Gebieten der chemischen Erzeugung die Industrie eines Landes dem Bedürfnisse desselben genügt, in welchen Artikeln es mehr hervorbringt und ausführt, und endlich in welchen dasselbe vom Auslande beziehen muß. Hierzu bieten uns die Aus- und Einfuhrlisten der Zollvereinsstaaten werthvolle Anhaltepunkte, und es ist nur zu bedauern, daß manche Producte, deren Bewegung kennen zu lernen in mehrfacher Hinsicht wünschenswerth wäre, nicht für sich al-

lein, sondern unter allgemeinen Rubriken aufgeführt zu werden pflegen. Dabei wird Gelegenheit genommen, über die Quantität der chemischen Production in Preußen und England besondere Angaben hinzuzufügen, insofern hierüber Quellen zu Gebote stehen.

Aus der Reihe von Jahren, über welche wir in der Lage sind, die Ein- und Ausfuhrziffern zu vergleichen, wählen wir die Jahre 1850 und 1851. Aus bekannten Gründen bieten die Jahre 1848 und 1849 mehrfache Schwankungen dar, die für den vorliegenden Zweck nicht geeignet, beiläufig bemerkt, jedoch weniger auffallend sind, als man unter den damals herrschenden außerordentlichen Verhältnissen vielleicht erwarten dürfte. Nehmen wir das Jahr 1847 als Normaljahr, so erscheint die Bewegung von 1850 nicht nur wieder zu gleicher Höhe gestiegen, sondern in vielen Fällen beträchtlich überwiegend. Die nachstehend angeführten Zahlenwerthe müssen voraussichtlich in einigen Jahren nicht unbedeutenden Modificationen unterliegen. Denn einestheils hat alsdann Hannover dem Zollverein sich einverleibt, das im Verhältniß zu seinem Verbrauch nur eine geringe industrielle Production hat — anderntheils werden aus dem Handelsvertrage mit Oestreich durch die sehr erleichterte Bewegung der Rohmaterialien Folgerungen von wesentlicher Bedeutung sich ergeben.

Nicht minder erfreulich und für eine sich steigernde Entwickelung auch der chemischen Industrie wichtig ist der Umstand, daß die großen Capitale sich mehr und mehr den großen Industrien zu wenden, wie namentlich die in den jüngsten Jahren entstandenen bedeutenden Fabrikanlagen in Süddeutschland beweisen. So hat beispielsweise in dem Großherzogthum Hessen innerhalb der letzten fünf Jahre die Anzahl der thätigen Dampfmaschinen von 31 auf 73 sich erhoben, folglich mehr als verdoppelt!

	Einfuhr in das Zollvereinsgebiet in Centnern = 50 Kilogr.		Ausfuhr aus dem Zollvereinsgebiet in Centnern = 50 Kilogr.		Bemerkungen.
	1850	1851	1850	1851	
Alaun	3385	6592	4125	1318	Production i. Preußen 1846 = 60297 Ctr. „ „ Frankr. 1834 = 40892 „ Die Erzeugung im Zollverein reicht für dessen Bedarf.
Bleiweiß	2116	1988	6860	7357	In jüngster Zeit geht namentlich viel Bleiweiß nach Nordamerika.
Soda	120175	127000	5152	5127	
Krapp	89226	87635	31141	30475	
Pottasche	150310	141200	6555	6160	
Salpeter	90329	53300	6400	6892	
Salzsäure	38	265	3739	7930	
Schwefelsäure	4673	5483	9123	9931	Die eingeführte Schwefelsäure ist rauchende aus Böhmen, für die Indigofabrikation.
Schwefel	171830	134400	5194	3083	
Seifen	3378	3679	1556	1415	Die Ausfuhr der Seifen ist wol deswegen nicht bedeutender, weil die Fettstoffe, zumal der Talg, zu Gunsten der Landwirthschaft mit einem Zolle belegt sind, dessen Rückerstattung bei Ausfuhr des Fabrikats nicht stattfindet, daher die Seife auf dem ausländischen Markte nicht concurriren kann.
Talg	19695	13259	1619	4016	
Stearinkerzen	378	427	684	1174	
Cocostalg und Palmöl	157609	182000	537	1004	Der Verbrauch dieses Artikels ist in stetem Zunehmen begriffen; 1847 betrug er 123980 Centner.
Indigo	31519	20967	5783	5646	
Kupfer- und Eisenvitriol	29856	36000	1678	2612	
Erdfarben	118601	74142	50641	55787	
Farbehölzer	462829	335629	71901	55571	
Chemikalien	. . .	22500	. . .	98482	
Harze	153571	147413	7761	6627	
Thran	191500	202207	200000	2270	In der Leder- und Seifenfabrikation verwendet; sein Verbrauch erscheint in den letzten Jahren vermindert; 1847 betrug er 303489 Centner.
Terpentinöl	31695	34905	144	200	
Baumöl	. . .	100000	. . .	. . .	Dasselbe ist „denaturalisirt", d. h. mit etwas Terpentinöl versetzt, damit es nicht zum Tischgebrauch, sondern nur in Fabriken verwendet werden kann.

Unterwerfen wir die vorstehenden Zahlen einer nähern Betrachtung, so sehen wir, daß in chemischen Rohmaterialien, wie Schwefel, Pottasche, Salpeter, Vitriol, Erdfarben, Pflanzenfarbstoffen, Talg und andern Fetten, eine höchst beträchtliche Einfuhr stattfindet, gegen welche die Ausfuhr sehr unbedeutend erscheint. Wir können hieraus auf die Bedeu-

tung der chemisch-technischen Gewerbe des Zollvereinsgebiets schließen, die noch um so gesteigerter erscheint, wenn wir uns erinnern, daß von den meisten der oben genannten Rohstoffe große Quantitäten im Lande selbst erzeugt und verarbeitet werden. Pottasche, Salpeter und Vitriol sind zwar bereits fabricirte Gegenstände, allein ihre Darstellung ist eine so einfache Procedur, daß sie hier als Rohstoffe aufzuzählen sind, wobei jedoch die Bemerkung nöthig erscheint, daß unter dem Salpeter der aus Chile kommende Natronsalpeter sich befindet, welcher gegraben wird.

Unter den Gegenständen, die das Product einer weitergehenden chemischen Fabrikation sind, ist es vorzüglich die Soda, bei welcher die Einfuhr eine außerordentlich hohe Ziffer erreicht, ein Beweis, daß, ungeachtet der in Deutschland bestehenden und Soda von großer Güte erzeugenden Fabriken, das Ausland noch einen großen Theil des Bedarfs liefern muß. Dieser wird hauptsächlich von England bezogen, welches durch die niedrigen Preise des erfoderlichen Rohmaterials, des Kochsalzes und des wohlfeilen Brennstoffs einen schwer einzuholenden Vortheil voraus hat.

Sehr günstig gestaltet sich dagegen das Verhältniß bei den übrigen Artikeln, wie Alaun, den Mineralsäuren, Bleiweiß, Stearinkerzen und bei der Rubrik Chemikalien, unter welche wir Phosphor, Blutlaugensalz, Berlinerblau, Ultramarin, Alkaloide u. s. w. uns eingereiht zu denken haben. Hier übertrifft die Ausfuhr sehr bedeutend die Einfuhr, und wir haben dies desto höher anzuschlagen, als diese Gegenstände, je mehr sie aus weitläufigern und schwierigern Operationen hervorgehen, um so höhere Werthe repräsentiren und um so günstiger für die gestiegene Entwickelung der chemischen Industrie in unserm Vaterlande sprechen.

Es ist der Satz aufgestellt worden, daß die Erzeugung und der Verbrauch von Schwefelsäure in einem Lande den Höhemesser für die Entwickelung von dessen Industrie und Reichthum abzugeben vermöge. Wenn eine derartige Be-

hauptung auch nicht in ganzer Schärfe sich bewährt erfindet, denn es könnte der Fall sein, daß ein Land, durch besondere Verhältnisse begünstigt, eine große Menge von Schwefelsäure zur Erzeugung gewisser Producte verwendet, die ausgeführt werden und in einem andern Lande als Rohmaterial einer viel weitergehenden chemischen Fabrikation dienen: so ist doch die Schwefelsäure ein so wichtiges Hülfsmittel der meisten chemischen Operationen, daß die Menge ihrer Erzeugung allerdings in hohem Grade maßgebend für die Industrie eines Landes genannt werden kann. Es wird daher eine Uebersicht der Vertheilung des aus Sicilien im Jahre 1851 ausgeführten Schwefels aus diesem Grunde von großem Interesse sein.

Es betrug diese Schwefelausfuhr des Jahres 1852, nach Zollvereinsgewicht berechnet:

nach England	705147	Centner
„ Frankreich	495080	„
„ Deutschland, Holland, Belgien und Schweiz zusammen	252829	„
„ Amerika	37160	„
„ den übrigen Ländern	405784	„
	1,896000	Centner

Nach dieser Uebersicht überragt nun allerdings die Schwefeleinfuhr in England die aller übrigen Länder, und ziehen wir die zur Erzeugung von Schießpulver verwendete Quantität desselben ab, so bleibt für die Erzeugung von Schwefelsäure eine immerhin erstaunliche Zahl, gegen welche der Bedarf von 140—170000 Centnern, die in der Tabelle unter den Einfuhren in Deutschland für die Jahre 1850 und 1851 erscheinen, weit zurücksteht.

Beiläufig werde hier bemerkt, daß wir einestheils der Zeit entgegengehen, wo die Ziffer der Schwefeleinfuhr aufhören muß, eine Industriescala abzugeben, und wo anderntheils Sicilien nicht mehr in gleicher Weise die Schwefel-

kammer der Welt sein wird. Die wiederholten Anstrengungen der Chemiker, den Schwefel vortheilhaft aus den inländischen schwefelhaltigen Kiesen, namentlich aber aus den bei der Sodafabrikation bleibenden Rückständen wiederzugewinnen, scheinen endlich mit Erfolg gekrönt worden zu sein. Bestätigt sich das Letztere, dann würde der Schwefel in der Fabrikation einen fortwährenden Kreislauf machen, heute als Schwefel, morgen in der Schwefelsäure, dann im schwefelsauern Natron, hierauf im Schwefelcalcium der Sodarückstände existiren, um endlich aus diesem wieder als Schwefel hervorzugehen zum neuen Beginn derselben Wanderung. Sein Verbrauch wird dann zu einem Wechselgeschäft, von welchem Sicilien nicht mehr das Capital, sondern nur noch die Cursdifferenz zu decken hat.

Von welch außerordentlichem Einfluß die Preise und die hierauf wirkenden Zölle sind, ergibt sich aufs schlagendste aus der zuverlässigen Mittheilung über die Schwefelsäureproduction in Oestreich, welche der Fabrikant Seybel gelegentlich der Naturforscherversammlung in Wiesbaden machte. Während in frühern Jahren der Betrag der jährlich erzeugten Schwefelsäure in der Gesammtmonarchie im Durchschnitt 100000 Centner betrug, hat seit drei Jahren, infolge des erniedrigten Schwefelzolls und der an Fabrikanten vom Staate bewilligten geringern Kochsalzpreise, die Fabrikation der Schwefelsäure so zugenommen, daß im letzten Jahre in Wien allein eine jenem ganzen Quantum von 100000 Centnern gleichkommende Menge von Schwefelsäure producirt wurde.

Noch bleibt uns übrig, dem Leser über die in der vorangehenden Tabelle eingeführten Farbstoffe, wie namentlich Krapp, Indigo und Farbhölzer, die in sehr bedeutenden Zahlen auftreten, einige Auskunft zu ertheilen. Bei allen übertrifft die Einfuhr bei weitem die Ausfuhr, sodaß für das inländische Bedürfniß ein großer Verbrauch bleibt. Allein dieser Verbrauch erscheint beträchtlich vermindert und die Ziffer der wieder ausgeführten Farbstoffe in demselben Maße

erhöht, wenn wir die Bewegung einiger andern Fabrikate verfolgen. So z. B. beträgt im Jahre 1851

	die Einfuhr:	die Ausfuhr:
an Baumwollenwaaren	8170 Centner;	128322 Centner
„ Leinenwaaren	42798 „	116007 „
„ Wollenwaaren . . .	23928 „	117739 „
„ Seidenwaaren	5260 „	14555 „

Da hierunter ein großer Theil gefärbter und gedruckter Zeuge sich befindet, so sehen wir, daß die Farben in anderer Weise wieder zur Ausfuhr gelangen, wobei zugleich ihr Werth durch die daran verwendete Arbeit ein größerer geworden ist.

Wie entfernt auch die vorstehenden Angaben von einer chemisch-technischen Statistik sind, so mögen sie doch immerhin geeignet sein, eine gewisse Einsicht in Umfang, Bedeutung und Richtung derselben innerhalb des Zollvereinsgebiets zu geben, als demjenigen Lande, welches für die Mehrzahl der Leser das interessanteste ist.

5. Die Chemie im Glaspalast.

Wir haben die große Industrieausstellung aller Völker zu London im Jahre 1851 zum Eingang unserer Betrachtung über die Bedeutung der Chemie für Künste und Gewerbe genommen; wir haben gesehen, daß die blos äußere Erscheinung der chemischen Producte, selbst der glänzendsten, keineswegs geeignet ist, den weitgreifenden Einfluß jener Wissenschaft auf die meisten Lebenserscheinungen darzustellen. Die Leistungen der Mechanik, deren Zwecke unmittelbar ins Auge fallen, die Schöpfungen der Künste, die sogleich unser Wohlgefallen erregen, befinden sich in dieser Beziehung in einem ungleich günstigern Verhältnisse. Nachdem wir jedoch seither bemüht waren, den Einfluß der Theorie auf die Erfolge der chemischen Fabrikation nachzuweisen, nachdem wir den Leser selbst in eine chemische Fabrik eingeführt und die

Metamorphosen der Materie aufgezeigt, endlich auch durch Zahlen gezeigt haben, welche Bedeutung die chemischen Rohstoffe und Producte im Welthandel haben: dürfen wir wol annehmen, daß auch der Laie die Ausstellung derselben ganz anders würdigen, daß er die Tragweite einer neuen Entdeckung, einer neuen Methode auf diesem Gebiete zu begreifen und zu schätzen im Stande sein werde.

Die londoner Industrieausstellung hatte die Bestimmung, den Höhepunkt der verschiedenen Industrien überhaupt und den der einzelnen Länder insbesondere darzustellen. Ist dieser Zweck in der That erreicht worden, ja hätte man sich seiner Erreichung auch nur genähert, so muß der Bericht über den chemischen Theil der Ausstellung, verfaßt von den ausgezeichnetsten Fachmännern, ein Bild der industriellen Entwickelung in diesem Gebiete und somit einen Maßstab für die Bedeutung der Chemie in der Gegenwart überhaupt abgeben. Diese Ansicht findet auch ihre volle Bestätigung in den von urtheilsfähiger Seite in England ausgegangenen Aeußerungen, von welchen wir hier die Worte Playfair's anführen. „Als Ergebniß der Ausstellung", äußert derselbe, „finden wir Etwas, wol geeignet, England in Erstaunen zu versetzen. Wo immer auch Kunst oder Wissenschaft Elemente des Fortschritts bilden — und dies ist fast allenthalben der Fall — da ergab es sich als ein unabänderliches Gesetz, daß diejenige Nation den ersten Rang behauptet, welche jene am meisten cultivirt. Werfen wir einen Blick auf Länder, in welchen die Chemie studirt, wo ihre Hülfe gesucht wird, so erscheinen sie uns als Werkstätten für die Welt, die das Vorzüglichste erzeugen, zu dessen Ankauf und Belohnung von den entferntesten Punkten der Erde die Reichthümer als nachhaltiger und freiwilliger Tribut hereinströmen. Die großartige Darlegung der Vervollkommnung durch Kunst und Wissenschaft, welche die Industrieausstellung aller Völker bot, brachte in dieser Hinsicht Wahrheiten an den Tag, die mit der Stimme der Posaune die ernste

Mahnung verkünden, daß ein Land, welches dahin strebt, einen Rang im Wettkampfe der Welt zu behaupten, die Pflege der Wissenschaft nicht länger mit gleichgültigem Auge ansehen darf."

Erkennen wir nicht deutlich in solchen Aussprüchen den Angstruf der Industrie Englands, die mit Schrecken wahrnimmt, daß von Kunstsinn und Wissenschaft durchdrungene Länder, wie Frankreich und Deutschland — das letztere trotz der allerungünstigsten Verhältnisse — mehr und mehr drohen, der britischen Geldkraft und Thatkraft und der vollendeten Abrichtung des englischen Arbeiters den Rang streitig zu machen!

Vergleichen wir die verschiedenen, über die Ausstellung vorliegenden Berichte, darunter den großen officiellen Bericht der Jury, so stimmen diese in den wesentlichen Punkten hinreichend überein, und wir ersehen daraus, daß in Beziehung auf Leistungen im Gebiete der Chemie nur England, Frankreich und Deutschland wesentlich in Betracht kommen.

Hinsichtlich der Vertretung auf der Ausstellung war England durch die Nähe des Orts, die Einheit der Leitung, die leichten Communicationsmittel, durch den natürlichen Ehrgeiz, im eigenen Lande vom Fremden nicht überflügelt zu werden, allzu sehr im Vortheil, als daß es nicht den ersten Rang hätte einnehmen sollen. Ein Theil dieser Vortheile kam offenbar auch den Franzosen zu statten. Was die deutsche chemische Fabrikation betrifft, bemerkt ein Berichterstatter, so sei diese weniger vollständig vertreten gewesen, als es der Zustand dieser Industrie gestattet haben würde; daß in ihren Lieferungen nichts principiell Neues zu nennen, wol aber viel lobenswerthe Leistungen anzuführen seien, und man behaupten könne, daß wenn auch die deutsche Ausstellung mit der prachtvollen englischen nicht in Wettkampf zu treten vermöge, sie doch selbst Frankreich übertreffe, und Oestreich, Belgien u. s. w. weit hinter sich lasse, wenigstens was den Werth (die Güte) der Gegenstände, wenn

auch nicht was die äußere Erscheinung betrifft. Die auf flachen Tischen dicht zusammengedrängten, oft kleinen und unscheinbaren Gläser gewährten kein einladendes Aussehen, und wenn man die großen Schränke der Engländer eben gesehen, wenn man die gefälligen Echaffaudagen der Franzosen durchgegangen, so mußten einige Gläser, selbst wenn sie groß und eine große Fabrik vertraten, Mühe haben, sich als würdige, den richtigen Eindruck hervorbringende Ausstellung geltend zu machen. Unwillkürlich tritt dem Leser bei dieser Schilderung die Landkarte von Deutschland vor die Augen!

Ueberraschen wird es hiernach nicht, daß von den in der chemischen Classe vertheilten vier ersten Preisen, bestehend in der goldenen, sogenannten Council-Medaille, keiner auf Deutschland entfallen ist, und außer unserm Selbstbewußtsein, daß wir besser sind als wir dort erschienen, möchte das hierfür Tröstlichste vielleicht in den folgenden Worten des englischen Berichts enthalten sein: „Es ist offenbar, daß die chemische Fabrikation in England mehr in einzelne Zweige vertheilt ist und eine größere Production bei Einzelnen erreicht hat als auswärts. Andererseits aber war die große Mannichfaltigkeit der Producte einer einzigen Fabrik, wie sie die fremden Ausstellungen und insbesondere die deutschen darboten, oft in hohem Grade überraschend; eine Mannichfaltigkeit, ohne Beeinträchtigung der Güte, die ein Zeugniß der vorzüglichen chemischen Ausbildung und der dadurch vermehrten Hülfsmittel der Aussteller ist."

Wir sind aber überzeugt, daß bei etwas größerer Anstrengung auch jene äußere Anerkennung der deutschen chemischen Industrie nicht gefehlt haben würde. So z. B. hätte einer glänzenden Schaustellung der sämmtlichen Producte der Alkaloidenfabrik von Merk in Darmstadt, die sowol in Qualität als Quantität so höchst bedeutend ist, ein erster Preis nicht entgehen mögen, wenn sie vorhanden gewesen wäre. Für gleich unerreicht halten wir die ganze

chemische Productenreihe aus der Chinarinde, wie sie im größten Maßstabe aus Zimmer's Fabrik in Frankfurt a. M. hervorgeht. Selbst die ihrer Zeit mit etwas zu viel Lärm verpuffte Schießbaumwolle hat vielleicht doch noch eine bedeutende Zukunft in ihrer Anwendung bei Sprengungen und Geschützen in geschlossenen Räumen, in Kasematten und bei Schiffskanonen, und ihre Entdecker, die Herren Schönbein und Bötticher, mögen sich mit der ihnen von Seiten des östreichischen Staats inzwischen gewordenen Anerkennung, bestehend in 30000 Gulden, vertrösten.

Liest man das Verzeichniß der Preisrichter und deren Adjuncten durch, so finden wir keine einzige unserer sämmtlichen chemischen Größen angeführt, während aus Frankreich, außer Dumas, dem Stern erster Größe, nicht weniger als zwei Mitglieder der Akademie, Balard und Payen, sowie noch zwei Professoren von Auszeichnung, Peligot und Persoz, aufgenommen sind. Gewiß liegt hierin kein Grund, die Verkürzung der Anerkennung für Deutschland zu suchen, denn diese Männer sind zu ausgezeichnet, als daß ihre Urtheile ungerecht erscheinen können; allein wohl hätte es Jedem gethan, in jenem Verzeichniß auch Namen wie Mitscherlich, Liebig, Rose, Wöhler, Gmelin, Bunsen zu finden, nach den Worten des Dichters:

„Und nennt man die besten Namen,
So wird auch der deine genannt!“

Die goldene Preismedaille wurde der Firma Prat und Agard in Aix ertheilt, für die Darstellung einer Reihe von Salzen, welche sie nach einem von dem Chemiker Balard (dem Entdecker des Broms) angegebenen Verfahren aus dem Meerwasser darstellte. An geeigneten Stellen der Küste unterwirft man schon seit langer Zeit das Meerwasser einer freiwilligen Verdunstung zur Gewinnung von Kochsalz. Man ließ die Flüssigkeit, aus welcher dieses krystallisirt war, die sogenannte Mutterlauge, unbenutzt wieder ins Meer fließen. Durch weitere Verdunstung derselben und unter

Beobachtung gewisser Grade der Concentration und Temperatur liefert sie schwefelsaures Natron, Chlormagnesium und Chlorcalcium, welche dann zur weitern Darstellung von Soda, Salzsäure und Pottasche zu benutzen sind. Auf diese Weise könnte das Meer zur ausreichenden Quelle für den ganzen, seither nur aus der Verbrennung der Vegetabilien gezogenen Bedarf von Pottasche werden.

Frankreich erhielt eine weitere goldene Preismedaille in der Person des Herrn Guimet, des Entdeckers und Fabrikanten des künstlichen Ultramarins. Hätte Gmelin in Tübingen, der die Zusammensetzung dieser blauen Farbe bereis 1827 gefunden hatte, seine Entdeckung zum Gegenstande industrieller Ausbeutung gemacht, so würde der französische Entdecker schwerlich den Preis davongetragen haben. Wir müssen uns damit trösten, daß Deutschland in diesem Augenblick die Ultramarinfabrikation äußerst schwunghaft betreibt und in diesem Artikel bei der Ausstellung am besten vertreten war. Diese herrliche blaue Farbe, früher nur aus dem seltenen Lapis Lazuli gewonnen und daher so kostbar, daß der Maler sie kaum für seine Kunstwerke zu erschwingen vermochte, ist nun so wohlfeil geworden, daß sie in einer ganzen Reihe verschiedener Sorten nicht nur in der feinern Oel- und Wassermalerei, sondern auch zum Anstreichen, in der Tapeten- und Kattundruckerei und Papierfabrikation verwendet wird.

Die dritte goldene Preismedaille kam nach Toscana. Sie wurde dem Grafen von Larderel ertheilt, für seine Verdienste um die Fabrikation der Borsäure. Durch zweckmäßige Vorrichtungen werden in den Suffionen — Ströme von Gasen und Dämpfen, welche aus Spalten des vulkanischen Bodens entweichen — geringe Mengen von Borsäure in wässeriger Lösung angesammelt und letztere zur Krystallisation verdampft, wobei, was das Interessanteste ist, die Wärme des vulkanischen Bodens selbst zur Verdampfung benutzt wird. Die vermehrte Production dieses Materials

erweiterte sehr dessen Anwendung zur Glasur der Porzellane und in neuester Zeit zur Anfertigung eines Krystallglases von höchst ausgezeichnetem Glanz, indem die Borsäure mit Zinkoxyd, anstatt mit Bleioxyd, verbunden wird.

Die chemische Industrie Englands endlich wurde ebenfalls durch eine goldene Preismedaille belohnt. Dieselbe ward einem Herrn Longmaid ertheilt, und zwar streng genommen weniger für Das, was seine Bemühungen bisjetzt leisteten, als für Das, was sie versprechen. Es handelt sich nämlich bei dessen Unternehmen um nichts Geringeres, als den großen, in den ausgedehntesten Fabriken üblichen und bewährten Gewinnungsproceß der Soda von Leblanc durch ein neues Verfahren zu ersetzen, was namentlich die Aufgabe sich stellt, die Sodaerzeugung unabhängig von der seither nothwendigen Schwefeleinfuhr vom Auslande zu machen. Man muß gestehen, daß jede wirkliche Annäherung an dieses Ziel allerdings eine Anerkennung verdient. Longmaid erhitzt Schwefelkies (eine in England und auch in manchen Gegenden Deutschlands in Menge vorkommende Verbindung von Schwefel und Eisen) in geeigneten Vorrichtungen mit Chlornatrium (Kochsalz) und erhält als Producte schwefelsaures Natron und Chlor, wovon das erstere zur Fabrikation von Soda, das letztere zur Chlorkalkbereitung weiter verwendet wird. Die hinreichend genaue Ausführbarkeit sowie die Rentabilität dieses Verfahrens werden zwar in Zweifel gezogen, allein bemerkt wird, daß schon bei der Ersparung der Schwefelsäure und des Braunsteins unter gewissen Umständen, namentlich in mancher Gegend, lohnende Erfolge durch dasselbe zu erreichen sein mögen.

Beiläufig werde hier bemerkt, daß ein französischer Fabrikant Schwefelsäure ausstellte, deren Bildung nicht, wie gewöhnlich, in kostspieligen Bleikammern vor sich geht, sondern in einem System von dreihalsigen Thongeschirren (Steingut), die keiner Reparatur bedürfen.

Außer den genannten und durch die ersten Preise ge-

krönten neuesten Leistungen der technischen Chemie fanden jedoch die Preisrichter noch mehre Productionen einer anerkennenden Besprechung werth, wenn dabei auch nicht immer jeder einzelne Fabrikant mit einer Auszeichnung bedacht werden konnte. Als solche werden hervorgehoben die eben erwähnte Fabrik von Schwefelsäure in Thongeschirren, die seit 1846 in Javel bei Paris besteht und jährlich 18000 Centner Säure erzeugt; der allotropische Phosphor, von Schrötter in Wien entdeckt, der in Gestalt eines rothen, für sich schwer entzündlichen Pulvers in den Handel gebracht wird; die mehr und mehr ausgedehnte Gewinnung des Jods, sowie des Schwefelkohlenstoffs, der zur elektrischen Vergoldung und Versilberung neuerdings eine vermehrte Anwendung findet. Ebenso bieten eine beträchtliche Erweiterung und Vervollkommnung in der Fabrikation dar das zweifach chromsaure Kali oder Blutlaugensalz, das zinnsaure Kali, sämmtlich in der Färberei und Druckerei gebräuchliche Substanzen. Eine besondere Wichtigkeit und Ausdehnung hat ferner die Fabrikation erreicht, welche auf der Destillation der Steinkohle, der Braunkohle und des Thonschiefers und der Vernutzung der Nebenproducte der Leuchtgasbereitung beruht. Die Reihe nutzbarer Producte, welche aus dieser Zersetzung hervorgeht, bilden: der Asphalt, benutzt zu Fußwegen; das rohe Theeröl, besonders zur Conservirung des unter Wasser befindlichen Holzwerks verwendet; die Naphtha, ein flüchtiges Oel, theils mit Terpentinöl vermischt zur Auflösung des Kautschuks, theils zur Beleuchtung verbraucht; Ammoniaksalze; flüchtiges Oel, besonders empfohlen zum Schmieren der Maschinen; Metallfirnisse, Kienruß, Kreosot, Naphthalin, das zu Kerzen benutzbare Paraffin und andere mehr.

Auch in der Erzeugung von Alaun, Vitriol, Bleiweiß und Zinkweiß treten bemerkenswerthe Fortschritte hervor. Das Zinkweiß verspricht insofern eine große Bedeutung zu erhalten, als es den Vorzügen des Bleiweißes sehr nahe

steht, ohne dessen Nachtheil zu haben, namentlich bei Abschluß von Licht und durch schwefelhaltige Einflüsse, gelb, braun und schwarz zu werden.

Für die Kattundrucker und Färber wird besonders auf ein Verfahren hingewiesen, wodurch die gemahlene Krappwurzel, indem sie, mit verdünnter Schwefelsäure befeuchtet, der Einwirkung heißen Dampfes ausgesetzt wird, eine Veränderung erhält, die in Erhöhung der Schönheit und Löslichkeit ihres Farbstoffs besteht. Der also behandelte Krapp wird Garancin genannt, und es ist namentlich wichtig, daß, wie seither üblich, bereits gebrauchter Krapp durch dieses Verfahren noch eine beträchtliche Menge nutzbarer Farbe liefert. Von großem Interesse erscheint für diese Gewerbe auch eine neue Methode, der Baumwolle durch ein kurzes Bad in ätzender Soda in hohem Grade das Ansehen und namentlich gegen Farben das Verhalten der Wolle zu geben. Dieselbe soll alsdann die Farbe nicht blos äußerlich, wie seither annehmen, wo also ein Abreiben und Unscheinbarwerden mit der Zeit eintritt, sondern es werde die Faser vollständig von der Farbe durchdrungen. Die Entdeckung, welche von Mercer herrührt, ist auf der Ausstellung durch eine große Reihe ungefärbter und gefärbter Proben erläutert worden.

Noch wollen wir eine kurze Besprechung einer andern chemischen Merkwürdigkeit gönnen, obgleich sie in der Ausstellung weit entfernt von den vorgenannten chemischen Producten aufgestellt war. Es ist dies der sogenannte Feuer-Annihilator, d. i. Feuervertilger, nach dem rein chemischen Princip construirt, daß durch die Erzeugung großer Mengen von Gasen, in welchen eine Verbrennung durchaus unmöglich ist, augenblicklich jedes Feuer ausgelöscht werden kann, auf welches man dieselben hinleitet. Ein Apparat von Blech, an Gestalt und Form einer Gießkanne ähnlich, enthält, zu diesem Zwecke ineinander geschachtelt, erstens, einen Behälter mit Wasser, in diesem einen weitern, gefüllt

mit einem innigen Gemenge von Kohle und Salpeter, und einen dritten, worin sich chlorsaures Kali und ein Fläschchen mit Schwefelsäure befindet, welch letzteres, sobald der Apparat in Wirksamkeit gesetzt werden soll, durch einen von außen eingestoßenen Stift zerbrochen wird. Sogleich entsteht nun im Apparat eine höchst energische Verbrennung, deren Producte, aus Stickstoff und Kohlensäure bestehend, vermischt mit dem Dampf des erhitzten Wassers mit Gewalt aus der Mündung des Apparats herausströmen und, von dem Löschmann auf ein Feuer gerichtet, dieses rasch ersticken. Mehrfach angestellte Versuche in zum Theil bedeutendem Maßstabe haben eine erfolgreiche Anwendbarkeit dieses Feuervertilgers dargethan, der namentlich bei ausbrechenden Bränden am nützlichsten sich erweisen dürfte, und in Theatern, Magazinen, Archiven u. dergl. den großen Vorzug darbietet, daß er nicht die Beschädigungen anrichtet wie der löschende Strahl unserer gewöhnlichen Feuerspritze.

Aus der Gesammtzahl von 270 Ausstellern chemischer Producte wurden 95 in Anerkennung der Vorzüglichkeit ihrer Erzeugnisse durch die Ertheilung der silbernen Preismedaille und viele Andere durch ehrenvolle Erwähnung ausgezeichnet. Auch hier erscheint die chemische Fabrikation Deutschlands nicht im Vortheil, denn, Oestreich eingerechnet, auf welches nur vier Preismedaillen fielen, betrug die Zahl der an deutsche Aussteller ertheilten Preismedaillen nur 23, also noch nicht den vierten Theil der überhaupt bewilligten, von welchen England und Frankreich das Meiste davontrugen, da nur einige wenige auf andere Länder, wie Rußland, Belgien, Italien und Nordamerika, sich zerstreuten. Bemerkenswerth erscheint es, daß unter den aus Deutschland ausgezeichneten Darstellern nicht weniger als sechs Ultramarinfabrikanten sich befanden, deren Producte durch Güte, Mannichfaltigkeit und namentlich durch billigen Preis den ersten Rang behaupteten.

Als Hauptresultate der Ausstellung wird von Seiten

des Ausschusses der Preisrichter und Sachverständigen die auch in dem Gebiete der Mechanik offenbarte Thatsache ausgesprochen, daß die durch wissenschaftliche Forschung geleitete Praxis in neuester Zeit zu hoher Vervollkommnung der Methode vorangeschritten ist, daß infolge hiervon die Preise aller chemischen Producte, in stetem Sinken begriffen, ihre Verwendbarkeit in immer weitern Kreisen möglich machen, und daß hieraus der wohlthätigste Einfluß auf die Kunst, auf das Wohlbefinden und die Gesittung der Völker hervorgeht!

6. Die Chemie und der Ackerbau.

„Unsere Landesuniversität hat durch die Municicenz der Staatsregierung ein neues Institut gewonnen. Es ist dies das Institut für die Geologie des Landes und die desfallsige Untersuchungsanstalt. Bei der großen Verschiedenheit der Grund- und Bodengattungen in fast allen Theilen des Kurstaats, wo oft eine einzige Feldflur mehre ganz heterogene Erdarten zeigt, ist es für den Mineralogen, für den Landwirth und für jeden Grundbesitzer von unschätzbarem Werth, recht gründliche und zuverlässige Kenntniß über die wahre Beschaffenheit und die Verschiedenheit der Bestandtheile des Bodens zu erhalten. Die Folgen für Culturverbesserung und Ertragserhöhung müssen bedeutende sein, wenn sie auch erst nach Jahrzehnden sich zeigen können." So berichtet die „Frankfurter Postzeitung" aus Marburg vom 14. März 1853.

Es hatte wol selten eine wissenschaftliche Literatur einer größern Theilnahme, einer raschern und ausgedehntern Verbreitung sich zu erfreuen, als diejenige chemische Literatur der Gegenwart, welche bemüht ist, den Antheil des Chemismus am Pflanzenleben nachzuweisen und festzustellen. Wenn unverkennbar das anfängliche Ziel der in diesem Gebiete vorzugsweise hervorragenden Chemiker nur darauf gerichtet war, die Lebenserscheinungen der Pflanzenwelt vom chemi-

schen Standpunkte aus zu erklären, so drängte doch die natürliche Neigung von selbst dahin, die gewonnenen wissenschaftlichen Resultate nach ihrer nützlichen Seite zu verfolgen, und fast unbewußt geschah der Uebergang aus der pflanzenphysiologischen Chemie in die Agriculturchemie.

Es ist begreiflich, daß bei einer in stetem Steigen begriffenen Zunahme der Bevölkerung, bei einer fortwährend weiter getriebenen Zerstückelung des Grundbesitzes, bei den mehr und mehr in die Höhe gehenden Preisen der Lebensmittel, in den verschiedensten Schichten der Gesellschaft jedes Wort mit gespannter Aufmerksamkeit aufgenommen werden mußte, das über die wichtigsten aller Lebensfragen, über die der Ernährung, neuen Aufschluß, neue Quellen zu gewähren versprach.

Keine menschliche Beschäftigung hat sich so lange der theoretischen Auffassung, der wissenschaftlichen Unterstützung entzogen gehalten, wie die Landwirthschaft. Vergleichen wir z. B. den wunderbaren Umschwung, welchen alle mechanischen Gewerbe, sowie das Verkehrswesen durch die Entwickelung der Mechanik erhalten haben, so erscheint der Ackerbau als gänzlich unberührt geblieben, inmitten einer allgemeinen Bewegung. Ja, man betrachtete die Landwirthschaft geradezu als den Gegensatz der Industrie, als das „Tabu", das unnahbare Gebiet für die wissenschaftliche Auffassung, für den theoretischen Calcul.

Dem dunkeln Schoos der heil'gen Erde
Vertraut der Sämann seine Saat,
Und hofft, daß sie entkeimen werde,
Zum Segen nach des Himmels Rath.

Worte des Dichters, die, wie es nur ihm als neidenswerthe Gabe verliehen ist, den treffenden Ausdruck des Gesammtgefühls und der allgemeinen Anschauung darstellen, welche über Pflanzenwachsthum verbreitet war und im Wesentlichen noch ist.

Die Erde, ein heiliges Dunkel, — der Sämann, ver-

trauend und hoffend, — das Gedeihen, dem Himmel anheimgegeben!

Wol mögen wir niemals des Himmels Segen entbehren. Allein das geheimnißvolle Dunkel der Erde beginnt sich aufzuhellen. Mit Absicht haben wir die Nachricht jener Zeitung an den Eingang dieses Abschnitts gestellt, die uns zeigt, welchen Werth der Staat auf eine genaue Kenntniß des Erdbodens legt, als auf die Grundlage einer vollkommenen Landwirthschaft. Der Landmann soll nicht fürder den Samen in die Erde und die Hände in den eigenen Schoos legen: er soll berechtigt werden, mehr zu erwarten als zu hoffen, mehr zu berechnen als zu vertrauen.

Diese Sicherheit und Bewußtheit aber soll der Landwirthschaft durch die Wissenschaft verliehen werden und zwar zum größern Theile durch die Chemie.

Ein Rückblick auf unsere frühere geschichtliche Entwickelung dieser Wissenschaft zeigt, daß es der Chemie der Gegenwart vorbehalten blieb, an eine Lösung der mit dem Pflanzenleben verknüpften chemischen Fragen zu gehen, daß erst von dem Augenblicke an, wo die chemische Analyse, namentlich auch der organischen Körper, die jetzige Stufe der Vollkommenheit erreicht hatte, überhaupt deren Erörterung möglich war. Die nothwendige Ergänzung der chemischen Untersuchungen erfolgte gleichzeitig durch die von ausgezeichneten Botanikern ausgehende Bewegung, welche von den wichtigsten Entdeckungen im Gebiete der Anatomie und Physiologie der Pflanze begleitet war. Wage und Mikroskop bezeichnen den Wendepunkt auch in der Agriculturgeschichte.

Fragen wir nun: ist die Wissenschaft wirklich in ihren Resultaten so weit vorangeschritten, daß ihr das Pflanzenleben als völlig aufgeklärtes Bild vorliegt; ist dieselbe daher im Stande, der Landwirthschaft mit Sicherheit den bei ihren verschiedenen Culturen einzuschlagenden Weg vorzuzeigen; hat sie bereits Erfolge erzielt, welche den Landmann von ihrem mächtigen und wohlthätigen Einfluß überzeugen?

— so lassen sich diese Fragen nicht so ganz unbedingt beantworten, wenn sie auch im Allgemeinen bejaht werden dürfen.

Die Chemie glaubt allerdings die wichtigsten Bedingungen des Pflanzenlebens aufgeklärt zu haben, wenn auch in untergeordneten Fragen noch verschiedene Ansichten sich geltend zu machen suchen; sie hegt namentlich die Ueberzeugung, daß sie im Besitz der richtigen Methode ist, das Leben der Pflanze zu controliren, deren consequente Verfolgung nothwendig eine befriedigende Lösung aller weitern Fragen herbeiführen muß. Die unmittelbare Uebertragung der theoretisch gewonnenen Einsicht auf die praktischen Zwecke des Ackerbauers hat sich indessen noch wenig erfolgreich erwiesen. Es gilt hier genau Dasselbe, was wir so ausdrücklich über die Verbindung von Industrie und Wissenschaft an einer frühern Stelle gesagt haben. Der Uebergang wird nur in seltenen Fällen ein unmittelbarer sein: eine Vermittelung zwischen beiden ist durchaus nothwendig. Es kann ebenso wenig als die Aufgabe des Mannes der Wissenschaft gelten, einen Zuckerrübendünger zu componiren, als er sich damit zu beschäftigen hat, Recepte für Färber und Seifensieder zu verabfolgen. Die Principien der Chemie müssen in der Landwirthschaft selbst durch die Landwirthe geprüft, bewährt, benutzt und nach allen Richtungen hin ausgebreitet werden.

Allein hierin liegt eben die Schwierigkeit. Das rechte verbindende Glied fehlt, und fehlt besonders in Deutschland und Frankreich, wo ein fast durchgehend zersplitterter Grundbesitz den Ackerbau den Händen der ungebildeten Masse überlieferte, die weder Zeit, noch Mittel, noch Boden dem Versuche zu opfern im Stande ist; wo namentlich jene Classe reicher und gebildeter Grundherren spärlich anzutreffen, die in England mit besonderer Vorliebe dem Landbau und der Viehzucht sich zugewendet hat. Daher auch die auffallende Erscheinung, daß, während die Theorie der Landwirthschaft von den Gelehrten Deutschlands und Frankreich

fast ausschließlich ihre neueste Entwickelung erhielt, dieselbe doch in England die eingreifendste Wirkung auf die Praxis hervorgerufen hat.

Der Einfluß der Chemie wird allerdings nicht jene Wunder bewirken können, die ein überschwänglicher Enthusiasmus sich davon erträumt und der nur Misachtung der chemischen Lehren hervorgerufen hat, wie Beides in einer bekannten Anekdote ganz treffend veranschaulicht wird. „Wissen Sie", ruft der Enthusiast, „daß man künftig in einer Westentasche den Dünger für einen ganzen Morgen hinaustragen wird?" — „O ja", erwiderte der Skeptiker, „und in der andern Westentasche die Ernte nach Hause!"

Der Segen, welchen die Mitwirkung der chemischen Principien in der Landwirthschaft zu gewähren berufen ist, wird nur allmälig bis in die Schichten des kleinen Bauern sich verbreiten. Die Chemie muß zunächst erst in der Classe der größern Landwirthe sich ein Contingent zu bilden suchen, das, mit chemischen Kenntnissen ausgerüstet, im Stande ist, für die von der Wissenschaft gegebenen bedeutungsvollen Fingerzeige die praktische Methode der Agricultur aufzufinden. Nur mit Solchen ist eine Verständigung in den schwebenden Fragen zu erreichen; nur diese sind im Stande, Versuche anzustellen und Erfahrungen zu sammeln, welche über die gemeine, tagtägliche Wahrnehmung hinausgehen und zur Begründung wissenschaftlicher Principien von Werth sind. Der größere Landwirth ist auch ohnehin schon der chemischen Beihülfe gewohnter. Allerwärts sehen wir mit dem ausgedehntern Betrieb der Oekonomie die sogenannten landwirthschaftlichen Gewerbe verbunden, wie die Branntweinbrennerei, Bier- und Essigbereitung, die Zuckerfabrikation und andere mehr, auf deren erfolgreichen Betrieb die Chemie einen so unverkennbar bedeutenden Einfluß ausgeübt hat, daß von hier aus am sichersten das Vertrauen zu gewinnen ist, diese Wissenschaft werde auch in Verfolgung der übrigen landwirthschaftlichen Aufgaben sich segensreich bewähren.

Das Gesammtergebniß aller Forschung im Gebiete des Pflanzenlebens von chemischer Seite, welches die Grundlage aller praktischen Folgerungen macht, erscheint nun concentrirt in den folgenden drei Gesetzen:

Die Pflanze erzeugt keinen Stoff, sie bildet nur den aufgenommenen um.

Die verbrennlichen Pflanzenbestandtheile, Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, können der Pflanze vollständig von der Atmosphäre geliefert werden.

Die unverbrennlichen Pflanzenbestandtheile, die in der Asche sich finden, sind wesentliche Bestandtheile der Pflanze, von deren Quantität und Qualität die Art sowie die Abhängigkeit vom Boden bedingt wird.

Das erste dieser Gesetze enthält zwar eine nur negative Bestimmung, welche jedoch von der größten Wichtigkeit ist. Es mußte zuerst durch die mühsamsten und genauesten Untersuchungen auf das überzeugendste nachgewiesen werden, daß in der Pflanze selbst keine der elementaren Stoffe, die ihre Masse ausmachen, erzeugt werde, daß diese nothwendig von außen gegeben sein müssen. Nachdem der Glaube und theilweise Aberglaube an eine wunderbar schaffende Lebenskraft in der Pflanze gründlich beseitigt war, konnte mit Sicherheit zur Feststellung der übrigen Gesetze fortgeschritten werden.

Die verbrennlichen Pflanzenbestandtheile bilden dem Gewichte nach die Hauptmasse der Pflanzen. Verbrennen wir **100** Pfund Eichenholz, so erhalten wir nur $2\frac{1}{2}$ Pfund Asche. Bei andern Pflanzen, namentlich manchen Culturpflanzen, wie Kartoffeln und Taback, bleibt ein größerer Aschenrückstand; allein er beträgt im höchsten Falle doch nur einige Procente vom Gewichte der grünen Pflanze. Demnach sind Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff die elementaren Stoffe, aus welchen die Pflanze sich auferbaut, die sie jedoch in sehr ungleichen Gewichtsverhältnissen

verwendet. Die anatomische Untersuchung zeigt uns, daß der ganze Körper einer jeden Pflanze aus einer unendlichen Anzahl mikroskopisch kleiner Zellen zusammengesetzt ist, die zusammen das Zellgewebe bilden, was gemeinhin die Pflanzenfaser, vom Chemiker Zellstoff (Cellulose) genannt wird. Chemisch betrachtet besteht dessen Substanz aus 44,5 % Kohlenstoff, 49,5 % Sauerstoff und 6 % Wasserstoff. Zur Bildung von Zellstoff muß daher die Pflanze auf je 44 Gewichtstheile Kohlenstoff 49 Gewichtstheile Sauerstoff und 6 Gewichtstheile Wasserstoff aufnehmen.

In allen Zellen trifft man einen Inhalt, der bei den ältern meist aus eingetrocknetem Zellsaft, bei andern aus dem grünen Farbstoff der Blätter, oder aus Stärkekörnchen, endlich bei den jüngern der Hauptmasse nach aus einer wässerigen Flüssigkeit besteht. In diesem Zellsafte sind je nach den verschiedenen Pflanzen und Pflanzentheilen mannichfaltige Stoffe, wie Zucker, Gummi, Säuren, Salze, Farbstoffe und eiweißartige Stoffe aufgelöst. Von diesen sind die letztern allein stickstoffhaltig, sodaß der Gesammtstickstoffgehalt einer Pflanze im Vergleich zu ihren übrigen Bestandtheilen nur sehr gering erscheint. In dem getrockneten Klee sind z. B. nur zwei Procent Stickstoff enthalten.

So weit mit den analytischen Resultaten über die verbrennlichen Pflanzenbestandtheile. Nun noch einige nothwendige Andeutungen über die Lebensverrichtungen der Pflanze. Dieselbe bietet den im Boden befindlichen Nahrungsstoffen zur Aufnahme keine Oeffnungen dar, vergleichbar dem Munde eines Thiers. Auch saugt sie Flüssigkeiten nicht in der Weise auf, wie etwa ein Docht aus Baumwollfaser im Stande ist, durch die Haarröhrchen-Anziehung Oel oder Wasser aufzusaugen. Vielmehr bestehen die Enden selbst der feinsten Wurzelfasern aus häutigen, ringsum vollständig abgeschlossenen Zellen, und ernährende Stoffe gelangen nur auf die Weise ins Innere der Pflanze, daß dieselben, in Wasser gelöst, jene zarte Zellwandung durchdringen. Die

aufgenommene Flüssigkeit tritt in die benachbarte Zelle über, und dann, von Zelle zu Zelle weiter, verbreitet sie sich nach allen Richtungen bis zu den äußersten Spitzen der Pflanze.

Außer der eben beschriebenen Aufnahmefähigkeit der Wurzel kommt eine solche auch noch den außerhalb der Erde befindlichen, grünen Theilen der Pflanze, insbesondere den Blättern zu. Dieselben sind mit unzähligen, mikroskopischen Oeffnungen, den sogenannten Spaltöffnungen versehen, durch welche den Bestandtheilen der Atmosphäre der Zutritt ins Innere der Pflanze gestattet wird und durch welche allerdings in manchen Fällen die Hauptnährung derselben vor sich geht.

Als allgemein gültiges Gesetz ergibt sich aus dieser anatomischen Betrachtung, daß die Pflanze nur solche Stoffe aufzunehmen vermag, welche ihr in flüssigem oder luftförmigem Zustande geboten werden.

Gehen wir nun nach diesen Vorbemerkungen zu den praktischen Folgerungen über, welche sich aus den oben genannten drei Gesetzen bisjetzt ergeben haben.

Der Satz: „Die Pflanze erzeugt keinen Stoff, sie bildet nur den aufgenommenen um", hat, wie bereits angedeutet, für die praktische Landwirthschaft insofern eine besondere Wichtigkeit, als sie der Pflanze und dem Boden jede Wunderkraft, jede geheimnißvolle, nicht controlirbare Erzeugungsfähigkeit ein und für alle mal benimmt. Wir sehen uns hierdurch gezwungen, die chemischen Bestandtheile der cultivirten Pflanze einerseits und andererseits die ihrer Umgebung, der Atmosphäre und des Bodens, aufs genaueste zu untersuchen — eine Arbeit, aus welcher die beiden folgenden Gesetze hervorgegangen sind.

Ein ungemeines Aufsehen erregte die Verkündigung des zweiten Gesetzes: „Die verbrennlichen Pflanzenbestandtheile, Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff, können der Pflanze vollständig aus der Atmosphäre geliefert werden", und es knüpfte

sich an die hieraus gezogenen Consequenzen ein mit der größten Lebhaftigkeit, ja mit Erbitterung geführter Streit, theils der Theoretiker untereinander, theils der Theoretiker und Praktiker, dessen Losungswort die sogenannte Humustheorie geworden ist und die jedenfalls nicht geeignet war, den chemischen Theorien ein großes Vertrauen auf Seiten des zuwartenden Publicums zu erwecken.

„Die Pflanze lebt von Luft", wenigstens der Hauptsache nach, so lautete, in gemeinverständlichem Ausdruck gegeben, das neue Gesetz. Wem mußte nicht diese Behauptung, welche das Vegetabil von der Scholle zu emancipiren scheint, im höchsten Grade überraschen?

Nach altherkömmlicher Vorstellungsweise ist es die Erde, welche den Wurzelfasern der Pflanze ihre Nahrung reicht. Eine allgemeine Erfahrung zeigt, daß der angebaute Boden, das Ackerland, die Gartenerde, ferner die in Wäldern aus der Verwesung abgefallener Blätter hervorgegangene Walderde der Vegetation sich bei weitem günstiger erweisen als der rohe, uncultivirte Boden. Sie lehrt ferner, daß die Unterbringung verwesender Pflanzen- und Thierstoffe in der Erde, wie es beim Düngen geschieht, die Ernährungsfähigkeit derselben ungemein erhöht. Alle oben genannten Bodenarten unterscheiden sich vom wilden Boden durch eine dunklere, mitunter bis ins Schwarze gehende Farbe. Diese Färbung rührt her von den in der Erde in Zersetzung begriffenen Pflanzenstoffen, eine Zersetzung, die eine Art von langsamer Verkohlung genannt werden kann, da aus solchen Pflanzenstoffen allmälig Wasserstoff und Sauerstoff austreten, wodurch ihr Kohlenstoffgehalt und somit ihre dunklere Färbung fortwährend zunimmt. Diese vermodernde, kohlige Pflanzenmasse hat den Namen „Dammerde" oder „Humus" erhalten, daher denn humusreicher Boden zunächst durch seine schwarze Färbung sich auszeichnet. Wird derselbe ausgeglüht, so verbrennen seine kohlehaltigen Bestandtheile und die entsprechende Farbe verschwindet. Man bedient

sich dieses Mittels, um den Gehalt verschiedener Bodenarten an Humus zu bestimmen.

Man hat nicht selten Gelegenheit, das Verhältniß der Cultur zum Urboden durch den Humus graphisch dargestellt zu sehen. Ich bemerkte dies z. B. öfter bei den Einschnitten, die bei einer Eisenbahnanlage in sehr wohl cultivirtes Acker- und Gartenland gemacht wurden, auf das deutlichste, indem der Urboden ein blaßgelblicher Löß war, der durch geringe Beimischung humoser Substanz schon einen dunklern Ton annahm. Gleich einer vom tiefsten Dunkel ins Helle verwaschenen Sepiaschattirung, sah man von der obersten humusreichsten Erdschicht an die Farbe nach unten allmälig lichter werden und in der Tiefe von zwei Fuß in der Regel schon gänzlich in die des Urbodens sich auflösen.

Der günstige Einfluß des Humus ist in den Augen der Praxis so entschieden, daß der Blumen- und der Gemüsegärtner, oft zu hohen Preisen, sich die schwarze Wald- oder Haideerde zu verschaffen sucht; daß der Landwirth Kosten und Arbeit nicht scheut, um von Grundstücken, welche zu Straßen- oder Eisenbahnanlagen bestimmt sind, die oberste, humusreiche Schicht abzuschälen, um sie auf seine Felder zu bringen; daß endlich der Forstwirth einen beständigen Kampf gegen das Wegführen des abgefallenen Laubes aus seinen Waldungen führt, weil er den aus deren Zersetzung hervorgehenden Humus für den Holzzuwachs besonders wichtig und förderlich hält.

Die nähere chemische Untersuchung dieser schwarzen Humussubstanz ergibt, daß dieselbe an sich in Wasser nicht löslich ist, daher von Pflanzen nicht unmittelbar aufgenommen werden kann. Mit Alkalien, insbesondere mit Ammoniak behandelt, gibt jedoch der Humus braungefärbte Lösungen, die als Verbindungen von Humussäure mit jenen Alkalien angesehen werden, und diese humussauern Salze sind nach Ansicht der Anhänger der Humustheorie das Hauptnahrungsmittel der Pflanze.

Vernehmen wir nun die Gegner der Humustheorie. Dieselben beginnen die Erörterung mit der historischen Vorfrage: „Woher stammt der Humus?" Antwort: „Von verwesenden Pflanzen." — Weitere Frage: „Woher stammen diese?" Hier beginnt die Verlegenheit der Humusfreunde. Es muß zur Begründung ihrer Theorie ein Urhumus angenommen werden, der bereits vorhanden war, als die Erde mit ihrer ersten Vegetation sich zu bedecken anfing. Allein eine solche Annahme ist in dem entschiedensten Widerspruch mit der geologisch unwiderlegbar festgestellten Thatsache, daß die Erdmasse aus einem feurig-flüssigen Zustande hervorgegangen, daß sie eine erstarrte Lava ist, in welcher keine solche kohlehaltigen, humusartigen Stoffe vorhanden sein konnten, als sie allmälig erkaltend mit einer Pflanzenbedeckung sich zu bekleiden begann.

Diese erste Pflanzendecke, dieses jugendliche grüne Festkleid, mit welchem die Erde zum ersten male sich schmückte, woher ist es genommen? Hier bleibt kein Ausweg. Die Erde konnte damals keine humussauern Salze liefern, so wenig als zermahlene Ziegel, Schlacke oder Lava dies zu thun im Stande sind. Aus der Atmosphäre wurden die Hauptelemente der Pflanze, der Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff hergenommen, wo dieselben als Kohlensäure, Wasserdampf und Ammoniak von jeher in so ausreichender Menge vorhanden waren, daß diese selbst für eine Vegetation genügen könnte, die sowol über die unbewachsenen Polarregionen und Wüsten als auch über die ungeheuern Oceane sich erstrecken würde.

Allein außer diesem auf vormenschliche Verhältnisse gegründeten Schluß können wir noch Thatsachen anführen, die täglich unter unsern Augen vorgehen und ebenso unwiderleglich beweisen, daß die Luft das Hauptmagazin für die genannten Ernährungsstoffe der Pflanzen ist. Von den durch zahlreiche Heerden beweideten Alpen nehmen diese fortwährend Gras und Kräuter als frisches Futter und Heu

hinweg. Hiervon wird nur ein geringer Theil als Excrement der Alpe wiedergegeben — im Winter, wo das Vieh in die Thäler zurückgezogen ist, gar nichts, während man doch Jahr für Jahr viele Tausend Centner Käse, Butter und Fleisch ausführt. Woher nun ersetzt die Alpenvegetation diesen fortwährenden Abgang? Hier ist keine andere Quelle denkbar als die Atmosphäre.

Eine ganz ähnliche Betrachtung läßt sich übrigens auch bei jeder unserer nur durch Berieselung in üppigster Graserzeugung erhaltenen Wiesen anstellen, von der wir fortwährend Heu ausführen, ohne derselben irgendeinen Ersatz an organischer Substanz zu bieten. Die Wälder, ohne jemals Dünger zu erhalten, vermehren fortwährend durch ihre abfallende Blättermasse den Humusgehalt ihres Bodens.

Das Angeführte berechtigt daher vollständig zu dem Schluß: die Pflanze stammt nicht von dem Humus her, vielmehr ist der Humus ein Erzeugniß der Pflanze, die dessen Bestandtheile aus der Luft assimilirt hat.

Die Gegner der Humustheorie führen noch als weitere Beweismittel zu ihren Gunsten an: daß in den Wurzelfasern niemals Humussäure sich nachweisen läßt, sodaß dieselbe also schon bei ihrem Eintreten in die Zellen, während der Durchdringung der Zellwand, zersetzt werden mußte; ferner, daß durch vielfache Versuche in kleinerm und größerm Maßstabe die Möglichkeit dargethan ist, Pflanzen in gänzlich humusfreier Erde (z. B. in reinem Quarzsand, Glaspulver, Ziegelmehl u. s. w.) zu vollständiger Entwickelung zu bringen.

Wir haben uns hier scheinbar in einen auffallenden Widerspruch verwickelt, indem wir zuerst als erfahrungsmäßig festgestellte Thatsache die Nützlichkeit des Humus für die Vegetation aufstellten, gleich darauf aber nachwiesen, daß der Humus für die Pflanze ganz entbehrlich sei. Die Lösung dieses Widerspruchs ist der Kernpunkt des seit einem Jahrzehnd mit so viel Lebhaftigkeit geführten Streits zwi-

schen den Anhängern und Gegnern der Humustheorie: ein Streit, der weniger in den zu Grunde liegenden Thatsachen als in dem Ausdruck seine Veranlassung gefunden hat, welchen jede Partei ihrer Ansicht gab. Beide sind in dieser Hinsicht zu weit gegangen, und daher der ganze Conflict. Statt den Humus als ein Nahrungsmittel zu erklären, hätten seine Verehrer sich darauf beschränken sollen, den Einfluß desselben nur etwa in Form des folgenden Gesetzes auszusprechen: „Die Anwesenheit des Humus ist der Vegetation der Culturpflanzen entschieden günstig." Wenn andererseits die Richtigkeit der Behauptung, wonach alle verbrennlichen Pflanzenbestandtheile ihren ersten Ursprung aus der Atmosphäre haben, eingeräumt werden muß, so ist doch die im Enthusiasmus hieraus entwickelte Folgerung, daß die Anwesenheit des Humus unwesentlich für die Vegetation der Culturpflanzen sei, unvereinbar mit der begründetsten Erfahrung und daher keineswegs richtig. Anstatt auszusprechen: „Die Pflanze nimmt allen Kohlenstoff u. s. w. nur aus der Atmosphäre und ist in dieser Beziehung ganz unabhängig vom Boden", wäre namentlich im Hinblick auf die Culturpflanze gewiß der Ausdruck angemessener gewesen, den wir früher als Gesetz angeführt haben, nämlich: „Der Pflanze kann aller Kohlenstoff u. s. w. aus der Atmosphäre geliefert werden." Hiermit ist nicht gesagt, daß er unter allen Umständen dorther genommen werden muß.

Es ist in den letzten Sätzen dieser Erörterung wiederholt der Ausdruck „Culturpflanze" vorgekommen und in eine Art von Gegensatz zur Pflanze überhaupt gestellt worden. Es bedarf derselbe umsomehr einiger Erläuterung, als die Nichtbeachtung dessen sicher dazu beigetragen hat, unnöthigerweise Streitigkeiten und Widersprüche in der Ernährungslehre der Pflanzen hervorzurufen. Unter Culturpflanzen haben wir solche Pflanzen zu verstehen, die keineswegs um ihrer Totalität willen, sondern nur besonderer Qualitäten wegen angebaut oder gehegt werden. Das Bestreben der

Cultur geht nicht dahin, eine gewisse Pflanze in allen ihren Theilen in höchster Vollkommenheit zu erziehen, sondern es ist lediglich darauf gerichtet, einzelne Theile derselben, die besonders nutzbar sind, möglichst reichlich zur Entwickelung zu bringen: an der Kartoffelstaude möglichst viele und stärkemehlreiche Knollen; die Runkelrübe höchst umfang- und zuckerreich; den Weizen von größter Körnerzahl und größtem Körnergewicht u. s. w. Dies erscheint als die Aufgabe der Cultur. Eine Folge des dahin gerichteten Bestrebens ist eine unnatürliche, monströse Entwickelung gewisser Pflanzentheile, wie z. B. bei allen gefüllten Blumen die Staubfäden in Blumenblätter sich umwandeln, wie beim Blumenkohl alle Blütentheile in eine weiße Masse degeneriren, und Anderes mehr. Daß die einseitige Herausbildung solcher einzelner Pflanzentheile auf Unkosten anderer geschieht, daß hierdurch die Pflanze selbst in einen unnaturgemäßen Zustand versetzt wird, unterliegt keinem Zweifel, und in der ein Jahrhundert lang fortgesetzten Bemühung, die nur auf Vermehrung der Kartoffelknollen gerichtet war, liegt vielleicht die Ursache der ausgebrochenen Kartoffelkrankheit. Wir finden ganz analoge Fälle in den Ernährungsverhältnissen der Thiere. Beim Mastvieh wird durch übermäßig gereichte Nahrung bei mangelnder Bewegung die Masse des Fettes und Fleisches vermehrt, während die Qualitäten der Kraft und Beweglichkeit vermindert werden. Eine Gans, die, in ein enges Behälter gezwängt, mit Welschkorn oder Nudeln gewaltsam gestopft wird, erleidet eine solche Vermehrung ihrer Fettmasse und des Umfangs ihrer Leber, daß wir diesen Zustand nur als einen unnatürlichen bezeichnen können, der auch nicht selten den Erstickungstod als Folge hat.

Wir wollen aber bei unsern Culturgewächsen nicht allein gewisse Eigenschaften in möglichst hohem Grade ausbilden, sondern auch eine möglichst weitgehende Verbreitung der Culturpflanze erzielen. Hierdurch tritt dieselbe ganz besonders in Verhältnisse, die sehr verschieden sind von denen der

wild wachsenden Pflanze. Die letztere erscheint immer am rechten Orte, d. h. immer da, wo die Bedingungen ihrer Existenz ausreichend gegeben sind, und verschwindet alsbald, wo diese aufhören oder nicht angetroffen werden. Die Culturpflanze hat nicht diese scheinbare Wahl ihres Platzes. Wir wollen auf demselben Boden nacheinander Getreide, Mohn, Flachs, Taback, Klee, Raps, Hanf, Kartoffeln und Rüben bauen, Alles in ausgezeichneter Weise: Pflanzen, von welchen nach dem naturgemäßen Verhältnisse kaum eine oder die andere in wildem Zustande auf dem gewählten Gebiete sich erhalten würde.

Während es uns daher nicht in den Sinn kommt, den Wäldern und Wiesen Humus zuzuführen, da die Vegetation derselben am naturgemäßen Orte und in naturgemäßer Zeit ihren Verlauf zu nehmen hat, während andere Pflanzungen, wie Klee und die Getreidearten, diesem Verhalten sich annähernd den Humusgehalt des Bodens vermehren und von dessen Anwesenheit wenig abhängig sind, scheint es, daß das Vorhandensein des Humus den Gewächsen um so förderlicher ist, je weiter dieselben sich in ihren durch die Cultur verliehenen Eigenthümlichkeiten von dem Charakter der wilden Pflanze entfernen. Am auffallendsten tritt dies bei den Küchengewächsen hervor. Den verschiedenen Sorten des Kohls, diesen merkwürdigen Entartungen einer und derselben Pflanze, ferner dem Salat, der Gurke, der Melone und andern mehr erweist sich der humusreiche Boden entschieden günstig, ja unentbehrlich zu möglichst rascher und üppiger Entwickelung.

Die Versöhnung der widerstreitenden Ansichten über den Antheil des Humus an der Pflanzenernährung liegt nun in dem Folgenden. Der Humus ist allerdings direct kein Nahrungsmittel der Pflanzen; indirect kann er jedoch höchst förderlich auf dieselben einwirken, indem hierbei nicht allein chemische, sondern auch physikalische Verhältnisse ins Spiel kommen, die für das Gedeihen der Pflanze ebenfalls von

größter Wichtigkeit sind. Der Humus ist eine in hohem Grade hygroskopische Substanz, d. h. er zieht Wasser mit Begierde an und hält es zurück. In dieser wasserhaltenden Eigenschaft steht er dem Thon am nächsten und übertrifft dagegen alle übrigen Bodenarten. Hieraus läßt sich schon eine günstige Wirkung desselben erklären, da Feuchtigkeit ein für die Pflanzenentwickelung so wichtiges Moment ist. Allein gleich allen kohlenartigen Körpern hat er in hohem Grade auch das Vermögen, Gasarten, wie z. B. Kohlensäure und Ammoniak, aus der Atmosphäre aufzusaugen; und da der Humus, selbst in fortwährender Zersetzung begriffen, Kohlensäure entwickelt, so befindet sich die in demselben verbreitete Wurzelfaser in einem Magazin, das ihr jederzeit im Ueberfluß nicht nur Wasser, sondern auch Kohlensäure und Ammoniak zu bieten vermag: jene Körper also, aus welchen die Pflanze ihre verbrennlichen Bestandtheile, den Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff hernimmt. Ihre Lage ist vergleichbar jener des eingestellten Mastviehs, der eingesetzten Gans. Erwägen wir ferner, daß durch die von der Einwirkung des atmosphärischen Sauerstoffs im Humus fortwährend vorgehende chemische Zersetzung stets eine entsprechende Wärmeentwickelung stattfindet, daß er durch seine dunkle Farbe dem Boden eine größere Fähigkeit verleiht, die Wärmestrahlen der Sonne aufzunehmen, daß er endlich durch seine lockere Beschaffenheit der Wurzelfaser eine ungemeine Erleichterung ihrer Verbreitung im Boden darbietet, so reichen diese Thatsachen gewiß hin, um den vortheilhaften Einfluß des Humus auf die Vegetation zu erklären, ohne daß er deshalb ein Nahrungsmittel der Pflanze genannt werden darf.

Fragen wir nun nach den praktischen Anwendungen, die aus dem Gesagten für die Landwirthschaft hervorgehen, so beschränken sich dieselben auf ein sehr allgemeines Resultat, das sich in folgender Weise darstellt: Unterwerfen wir ein bestimmtes Culturland, z. B. einen Morgen Ackerfeld eine

Reihe von Jahren hindurch einer sorgfältigen Beobachtung in der Weise, daß die Zufuhr und Ausfuhr an organischen Stoffen einer genauen Controle unterliegt, so ergibt sich unfehlbar, daß das Gewicht der ausgeführten organischen Stoffe bei weitem das Gewicht der eingeführten übertrifft. Ein gutes Ackerfeld pflegt bei uns in der Regel nur alle sieben Jahre einmal gedüngt zu werden, das weniger gute Land alle fünf Jahre. Dieser Dünger ist die Zufuhr an organischer, humusbildender Substanz. Allein in den fünf bis sieben Jahren werden von jenem Felde ebenso viele Hauptsernten von Raps, Kartoffeln, Weizen, Klee und Gerste, sowie noch einige Zwischenernten von weißen Rüben entnommen, welche die Ausfuhr bilden. Vergleichen wir nun das Gewicht des im Dünger Zugeführten mit dem des Ausgeführten, so übertrifft der letztere Werth den erstern um das Mehrfache, und wir können mit Sicherheit hieraus den Schluß ziehen, daß unsere Ernten ihren Gehalt an organischer Substanz, d. h. an Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, nicht dem Dünger verdanken. Ja, eine weitergehende Untersuchung würde zeigen, daß die in den meisten Fällen im Boden zurückbleibenden Wurzeln der genannten Anpflanzungen demselben mehr organische Substanz einverleiben, als dies durch jene einmalige Düngung geschehen ist.

Wenn nun aber der Dünger in Beziehung auf die seither wiederholt angeführten organischen Bestandtheile der Pflanzen erwiesenermaßen von so untergeordnetem Werth, ja geradezu unwesentlich erscheint, wozu dient denn derselbe überhaupt, und worin besteht denn seine unleugbare Wirksamkeit?

Mit dieser Frage sind wir an den Angelpunkt der chemischen Theorie der Pflanzenernährung angekommen; von hier aus beginnen die Antworten des Chemikers, die seither fast nur negativer Natur waren, einen positiven Charakter anzunehmen.

Was ist der Dünger? worin besteht seine Wirksamkeit? wie erklärt es sich, daß eine einzige Düngung auf eine Reihe von vier bis zehn Jahren ausreicht, während in andern Fällen eine jährliche Düngung erfoderlich ist? Die widersprechendsten Thatsachen und Erfahrungen liegen vor: sie sind es, welche die Beantwortung jener Fragen zu einem dunkeln Räthsel machen, und dieses zu lösen vermag allein die Chemie.

Es ist jetzt der Augenblick gekommen, wo wir uns des dritten, über die Pflanzenernährung früher aufgestellten Grundgesetzes zu erinnern haben. Dasselbe lautete: „Die unverbrennlichen Pflanzenbestandtheile, die in der Asche sich finden, sind wesentliche Bestandtheile der Pflanze, von deren Quantität und Qualität die Art sowie die Abhängigkeit der Pflanze vom Boden bedingt wird.“

Auch hier müssen wir von gewissen allgemeinen Thatsachen ausgehen, um die Anwendbarkeit des Gesetzes für den praktischen Erfolg zu begründen.

Es währte lange, bis man dem beim Verbrennen der Pflanze bleibenden Rückstand, der sogenannten Asche, eine Aufmerksamkeit widmete, der Art, daß man dieselbe zum Leben der Pflanze in eine bestimmte und zwar nothwendige Beziehung zu bringen begann. Obgleich schon im Alterthum die Anwendung der Asche zum Waschen und selbst zur Anfertigung der Pottasche und Seife bekannt war, so finden wir doch nirgends eine Vorstellung darüber ausgesprochen, woher die Asche stamme. Die Alchemisten hielten dieselbe für das Product der Pflanze, ja Einige leiteten ihren Ursprung aus dem Feuer ab. Es war auch hier der neuern Zeit mit ihrer vervollkommneten analytischen Methode vorbehalten, genauere Thatsachen zu enthüllen.

Alle Pflanzen und Pflanzentheile hinterlassen beim Verbrennen einen Rückstand, die Asche, welche stets alkalische

Eigenschaften hat und ein Gemenge verschiedener Bestandtheile ist. Nicht alle Vegetabilien hinterlassen aber gleiche Aschenmengen. Es geben z. B. 100 Pfund Tannenholz nur vier Fünftel Pfund Asche, ebenso viel Eichenholz $2^1/_2$ Pfund; Weizenstroh $4^1/_2$ Pfund; trockenes Kartoffelkraut 15 Pfund. Auch die verschiedenen Theile ein und derselben Pflanze enthalten ungleiche Mengen von Aschenbestandtheilen. In der Regel sind die Blätter und die Rinde daran bei weitem reicher als Stamm und Wurzel. So erhält man aus hundert Pfund Tannennadeln acht Pfund und aus gleichviel Eichenrinde oder Eichenlaub acht bis neun Pfund Asche.

Wenn nun schon der Umstand, daß alle Pflanzen ohne Ausnahme Asche liefern, daß in verschiedenen Pflanzen oder Pflanzentheilen ungleiche, jedoch bestimmte Mengen von Aschenbestandtheilen angetroffen werden, auf eine gewisse nothwendige Beziehung zwischen diesen und der Pflanze hinweisen, so wird diese noch mehr hervorgehoben, wenn die Aschen verschiedener Pflanzen auch hinsichtlich ihrer Bestandtheile miteinander verglichen werden.

Wir wollen in dieser Beziehung nur einige der auffallendsten Beispiele anführen. Im Meere finden sich, mitunter in ungeheurer Verbreitung, eigenthümliche Pflanzen, die sogenannten Tange; am Meeresufer, auch in der Nähe von Salinen des Binnenlandes, wachsen die sogenannten Salzkräuter. Werden diese Pflanzen verbrannt, so hinterlassen sie eine Asche, die hauptsächlich Soda enthält, und in früherer Zeit wurde alle Soda auf diese Weise gewonnen. Die Asche des Buchenholzes, der Kartoffel, der Runkelrübe ist vorzüglich durch ihren großen Gehalt an Kali ausgezeichnet; die Asche des Klees und des Erbsenstrohs durch Kalk, die des Weizen- und Gerstenstrohs durch Kieselerde; die Getreidekörner, namentlich die des Weizens, hinterlassen eine Asche, welche durch ihren Reichthum an phosphorsauerm Kalk ganz besonders merkwürdig ist.

Es kann zwar z. B. bei ein und derselben Getreideart

einige Schwankung in ihrem Gehalt an phosphorsauerm Kalk stattfinden. Allein diese hält sich innerhalb gewisser Grenzen und es zeigt sich dabei namentlich, daß beim Weizen der geringere Gehalt an genanntem Bestandtheil stets auch von einer Verminderung des Körnerertrags und des Körnergewichts, also von einer Herabstimmung der Entwickelung der Pflanze begleitet ist.

Erwägen wir noch andere Thatsachen. Die oben erwähnten Salzkräuter finden wir nur an den Küsten des Meeres, soweit als die landwärts wehenden Winde die Salzflut verbreiten. Sie verschwinden dann gänzlich und tauchen plötzlich tief im Binnenlande in der Umgebung von Salinen wieder auf. Ginster und Haidekraut bedecken in reicher Vegetation ausgebreitete Sandflächen und verschwinden wie abgeschnitten, wo Kalk und Thon als Hauptbestandtheile des Bodens auftreten. Im Bereich des letztern trifft man wildwachsend den türkischen Klee (Esparsette, Onobrychis) verbreitet, welchen wir vergeblich in kieselreicher Erde, unter Haide und Ginster aufsuchen werden. Versetzen wir die genannten Pflanzen in die von ihnen gemiedenen Gebiete, so fristen sie ein kümmerliches Dasein und gehen über kurz oder lang zu Grunde.

Wird uns aus diesen durch Tausende von Analysen und Beobachtungen bestätigten Erscheinungen nicht ein Verhältniß der Abhängigkeit der Existenz gewisser Pflanzen von gewissen Bestandtheilen ihrer Asche, sowie des Bodens, auf dem sie vegetiren, auf das klarste bewiesen!

Sowie wir das Huhn und die Taube kleine Kalksteinchen verschlingen und den Mörtel abpicken sehen, damit ihnen das Material zur Bildung der Eierschalen nicht abgeht, sowie der Mensch in seinen Speisen unbewußt nach Kochsalz lechzt, das zur Bildung seiner Verdauungsflüssigkeiten ihm nothwendig ist, sowie derselbe mit jedem Bissen Brot und Fleisch kleine Mengen von phosphorsauerm Kalk aufnimmt,

um daraus die Masse seiner Knochen, dieses feste Gerüste des Körpers, aufzuerbauen, ebenso bedarf die Pflanze gewisser mineralischer Stoffe, die sie in ihre Masse aufnehmen, die sie zur Ausbildung ihrer Organe und ihrer Säfte verwenden muß. Durch diese mineralischen Stoffe ist die Pflanze abhängig vom Boden; fehlen sie diesem, so wird dieselbe nicht aufkommen, auch wenn alle übrigen Bedingungen ihres Gedeihens aufs ausreichendste gegeben sind. Wollen wir in unserm Ackerboden Culturpflanzen der verschiedensten Art erziehen, welchen die verschiedensten mineralischen Stoffe ein Bedürfniß sind, so wird uns dies nur gelingen, wenn das Erdreich alle jene Stoffe in hinreichender Menge enthält, oder indem wir dieselben dem Boden zuführen. Diese Zufuhr an mineralischen Nahrungsmitteln der Pflanze geschieht durch den Dünger.

Die ganze Ernährungsgeschichte der Pflanze, die eigentlichste Aufgabe der Landwirthschaft, dreht sich hiernach um die folgenden drei Fragen: Welches sind die mineralischen Pflanzenstoffe im Allgemeinen und bestimmter Culturpflanzen insbesondere? Welche dieser Bestandtheile sind in dem gegebenen Culturboden hinreichend und in geeigneter Weise vorhanden? Woher und in welcher Form nehmen wir am vortheilhaftesten die dem Boden fehlenden oder entzogenen Stoffe, um sie demselben einzuverleiben?

Man hat bisjetzt die Aschen der verschiedensten Pflanzen untersucht und darin die verschiedensten Bestandtheile aufgefunden: Kali, Natron, Kalk, Bittererde, Kieselerde, Schwefelsäure, Phosphorsäure und Chlorkalium. Dieselben fehlen wol in keiner Asche. Außerdem finden sich noch sehr geringe Mengen von Thonerde, Eisenoxyd und Manganoxyd, die jedoch als unwesentlich anzusehen sind. In der Asche der Meerespflanzen ist dagegen noch das Jod als ein wichtiger Bestandtheil anzuführen.

Man hat mehrfach Versuche angestellt, Pflanzen unter Umständen zu erziehen, wobei denselben keiner der genann-

ten mineralischen Stoffe oder nur einer derselben geboten worden ist. Es wurden z. B. die Samen der leicht erziehbaren Kresse in reines Schwefelpulver oder reines Kohlenpulver gesät. Es entwickeln sich in diesem Falle zwar die Pflanzen; allein sie sind unfähig, ihre vollkommene Ausbildung zu erreichen. Sie sterben ab, ohne Früchte anzusetzen, da ihnen die erfoderlichen Stoffe abgehen. Aehnlich verhalten sich Pflanzen, die in reiner Kieselerde, Kalkerde u. s. w. aufgezogen werden. Sobald man jedoch die oben genannten Bestandtheile hinzugefügt, so erreicht die betreffende Pflanze ihre vollendete Vegetation.

Bei den Thieren wissen wir ziemlich genau, wozu ihr Organismus die mit den Speisen aufgenommenen mineralischen Stoffe verwendet. Der phosphorsaure Kalk bildet die Knochen, das Kochsalz (Chlornatrium) geht in die Verdauungsflüssigkeiten, insbesondere in die Galle über, auch erscheint es als nothwendiger Bestandtheil des Knorpels, der kohlensaure Kalk findet sich wieder theils in den Knochen, theils in den Eiern der Vögel oder in den Gehäusen und Schalen der Conchylien und Krustenthiere.

Bei den Pflanzen haben wir weniger Gewißheit über die den mineralischen Stoffen für ihre Lebensverrichtungen zugetheilte Rolle. Einige derselben, insbesondere die Kieselerde, findet sich vorzüglich als Bestandtheil der Zellensubstanz; dieselbe scheint daher zu deren Ausbildung, zur Verstärkung der Zellwand nothwendig zu sein. Die Alkalien sind, meist mit Pflanzensäuren verbunden, in Form löslicher Salze in dem Zellsafte enthalten. Alle saftigen Theile der Rebe z. B. enthalten weinsaures Kali, die Ampferarten kleesauern Kalk. Der phosphorsaure Kalk erscheint hauptsächlich in den Samen enthalten.

Wie gering immer die Menge dieser mineralischen Stoffe an sich und im Vergleich zum ganzen Gewicht einer Pflanze erscheinen mag, so ist ihre große Bedeutung, ja Unentbehrlichkeit für diese unzweifelhaft festgestellt, und bei der dichten

Bedeckung, in welcher unsere Culturpflanzen den Boden überziehen, erscheint die Menge an solchen mineralischen Stoffen, welche in die Pflanze übergeht, doch nicht unbeträchtlich.

Nach angestellten Versuchen werden einem Felde von vier preußischen Morgen (nahezu gleich einem Hektar) durch eine Weizenernte 357 Pfund mineralischer Bestandtheile entzogen, worunter 112 Pfund phosphorsaurer Salze sind. Wiederholen wir auf einem und demselben Felde eine Reihe von Jahren hintereinander dieselbe Ernte, so ist es offenbar, daß demselben sehr bedeutende Mengen jener mineralischen Stoffe entzogen werden, daß die obern Schichten des Bodens an denselben fortwährend ärmer werden müssen.

Kennt man nun genau die Aschenbestandtheile der Culturpflanzen, so wissen wir, welche Stoffe der Boden enthalten muß, auf dem wir jene erziehen wollen. Es sind daher von den Chemikern wiederholt die Aschenrückstände solcher Pflanzen analysirt worden. Allein die Resultate verschiedener Chemiker zeigen nicht unbedeutende Abweichungen untereinander. Es rührt dies theils von verschiedenen Methoden der Analyse, theils aber auch von dem Umstande her, daß manche der mineralischen Stoffe in der Pflanze sich gegenseitig vertreten zu können scheinen (z. B. Kali und Natron, Kalk und Bittererde), wodurch denn das ganze quantitative Verhältniß eine Aenderung erleidet. Wir sind genöthigt, uns bisjetzt nur an gewisse Hauptresultate zu halten, die außer Zweifel gestellt und früher bereits angedeutet sind. Eine weitere Entwickelung dieser Richtung, die erst seit kurzem eingeschlagen worden ist, wird mit stets vervollkommneten und übereinstimmenden Untersuchungsmitteln sicherlich eine genügende Feststellung über die Bestandtheile der Pflanzenaschen zu Stande bringen.

Nehmen wir nun an, wir seien über die mineralischen Bestandtheile einer anzubauenden Pflanze hinreichend im Klaren, so ist es unsere weitere Aufgabe, den Boden zu be-

fragen, ob er jene Stoffe enthält und dieselben zu liefern vermag.

Die Mutter Erde verhält sich in dieser Beziehung höchst ungleich. Es gibt glückliche Regionen derselben, wo seit Menschengedenken gesät und geerntet wird, ohne daß die Nothwendigkeit eintritt, dem Boden je etwas wieder zu erstatten. Es müssen hier also in der Erde alle mineralischen Stoffe in angemessener Auswahl und Menge vorhanden sein, um nachhaltige reiche Culturen zu ertragen. Ja, es zeigt sich, daß bei weitem der größere Theil der bebauten Erdoberfläche, namentlich der wärmern Länder, keine andere Zufuhr von außen als höchstens die Bewässerung erhält. Nach A. von Humboldt erträgt der seit Jahrtausenden bearbeitete, aber nie gedüngte Boden von Mexico unter günstigen klimatischen Verhältnissen eine zwei- bis sechshundertfache Ernte, wogegen unsere zwölf- bis funfzehnfachen Ernten allerdings sehr dürftig erscheinen.

Allein nicht überall ist die Natur so freigebig. Abgesehen davon, daß klimatische Verhältnisse der Vegetation unüberwindliche Grenzen setzen, daß nasse Sumpfregionen und dürre, wasserleere Wüsten gleich trostlos und unfruchtbar sind, gibt es große Ländermassen, und darunter die von der dichtesten und cultivirtesten Bevölkerung bewohnten, wo die Ertragfähigkeit des Bodens eine beschränkte und nur durch sorgfältige Cultur eine hinreichend nachhaltige zur Ernährung vieler Millionen ist. In diesem Falle befinden sich unter andern die meisten Gegenden des mittlern und nördlichen Europa.

Auch fehlt es uns nicht an Beispielen, daß Landstriche, die jahrhundertelang die reichsten Ernten gaben, deren Boden unerschöpflich zu sein schien, fast plötzlich ihre Fruchtbarkeit verloren haben. Am auffallendsten hat sich dieses in Virginien gezeigt. Durch ununterbrochen fortgesetzte Tabacksernten sind dort dem Boden große Massen mineralischer Pflanzenbestandtheile entzogen worden. Als Folge zeigt sich

jetzt ein erschöpfter, keiner lohnenden Ernte mehr fähiger Boden. Man wird dies umsomehr begreifen, wenn wir hinzufügen, daß der Taback gerade zu denjenigen Pflanzen gehört, die am meisten Asche liefern, daß einem Grundstück von einer Hektare (etwa vier preußische Morgen) durch eine Tabacksernte nicht weniger als 514 Pfund mineralischer Stoffe entzogen werden.

Wir werden jetzt den Sinn der an der Spitze dieses Abschnitts mitgetheilten Notiz aus jener Zeitung verstehen. Eine genaue Kenntniß des Bodens und seiner Bestandtheile ist nicht allein wichtig, insofern darin Lager von Steinkohlen oder Braunkohlen, Gänge von Erzen oder nutzbaren Spathen vorkommen, sondern auch rücksichtlich solcher Bestandtheile, auf deren Vorhandensein die unentbehrlichste aller Productionen, die Cultur der Nahrungsgewächse, gegründet ist. Wenn daher der Staat eine Anstalt errichtet, die eine Untersuchung der Bodenbeschaffenheit des Landes in dieser Hinsicht zur Aufgabe hat, so können deren Resultate mit dazu beitragen, wichtige Anhaltepunkte für die allgemeinere Verbreitung der rationellen Landwirthschaft zu geben. Das Ideal einer derartigen Leistung wäre die Vollendung einer Culturkarte des gegebenen Landes, wonach dasselbe nicht in politische und administrative Districte, vielmehr in solche unterschieden wäre, die vorzugsweise zur Erzeugung von Weizen oder Flachs, Raps, Taback, Hopfen, Zuckerrüben u. s. w. oder für wechselnde Culturen geeignet erscheinen, bei welch letztern noch die Auswahl und Reihenfolge der Pflanzungen zu bezeichnen bliebe. So reizend ein solches von den wissenschaftlichen Untersuchungen zu erwartendes Bild auch erscheint, sind wir doch keineswegs zu der Erwartung berechtigt, daß chemische Bodenanalysen für sich allein je im Stande sein werden, dieses Ziel zu erreichen. Es kann nicht ausdrücklich genug hervorgehoben werden, daß das Leben der Pflanze sowol als des Thieres niemals das Resultat eines einzigen Factors ist, daß außer den zur Existenz einer

Pflanze nothwendigen chemischen Bestandtheilen des Bodens noch Einflüsse der wichtigsten Art vorhanden sind, von deren Mitwirkung oder Gegenwirkung das Gedeihen derselben nicht minder abhängig ist als von jenen. Es gehören hierher die klimatischen Verhältnisse, sowie die sogenannten physikalischen Eigenschaften des Bodens, wie Feuchtigkeit, Lockerheit, Farbe und andere mehr.

Nachdem die beiden Fragen: Was enthält die Pflanze? was enthält der Boden? beantwortet sind, gehen wir zu einer dritten über: „Wie ersetzen wir dem Boden die durch die Cultur entzogenen mineralischen Bestandtheile?" oder mit andern Worten: „Was ist Dünger und woher nehmen wir denselben?"

Wir geben uns der Hoffnung hin, daß nach der bisherigen Darstellung der Leser bereits selbst eine Ansicht hierüber sich gebildet hat, die von der gemeinhin herrschenden, ganz unklaren Vorstellungsweise sich wesentlich unterscheidet; daß solche Ausdrücke, wie Bodenkraft, Düngkraft, hitziger Dünger, Reizmittel der Vegetation u. s. w., für ihn keinen andern Sinn haben können, als daß sie Eigenschaften bezeichnen, die lediglich von dem Vorhandensein oder Fehlen gewisser Bestandtheile des Bodens herrühren.

„Düngen" heißt also, dem Boden die Bestandtheile wiedergeben, welche ihm die Pflanze entzogen hat. Nachdem bewiesen worden, daß die Pflanze ihren ganzen Gehalt an Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, also bei weitem den größten Theil ihrer Masse, nicht aus dem Boden entnimmt, sondern aus der Atmosphäre, muß die Bedeutung des „Düngens" noch aufs genaueste dahin festgestellt werden, daß darunter die Wiederzufuhr der mineralischen Stoffe zu verstehen ist, welche die betreffenden Culturpflanzen beim Verbrennen als Asche hinterlassen würden. Es folgt hieraus, daß diese Asche selbst der beste und ausreichendste Dünger für die entsprechenden Pflanzen sein müßte.

Vergleichen wir nun mit dieser theoretischen Ansicht vom Dünger das praktische Verfahren, so finden wir dieses scheinbar durchaus nicht in Uebereinstimmung. Bekanntlich führen wir unsere Ernten nicht nach Hause, um sie zu verbrennen und die Asche wieder auszustreuen, sondern dieselben gehen größtentheils als Nahrungsmittel in Fleisch und Blut der Menschen und Thiere über. Stroh und Laub wandern als Streu in den Stall; die spinnbare Faser von Flachs und Hanf erhält ihre bekannte Bestimmung u. s. w. Nur das Blatt des Tabacks ist bestimmt, als Rauch in blauen Wirbeln aufzugehen, ohne daß jedoch die Cigarrenasche der Oekonomie zugute käme. Fast einzig nur da erhält der Boden Asche als solche zurück, wo Stoppeln, Kartoffelstroh, Queggen und Unkraut auf dem Felde verbrannt werden.

Kein Mensch denkt auch, wenn von Dünger die Rede ist, an etwas der Asche Aehnliches, sondern an jenes unappetitliche, nur der Nase des echten Landbauers wohlduftende Gemenge, welches aus den verrotteten und verfaulten Abfällen aller Art der Haushaltung und des Stalles besteht, gleich widerlich durch Abkunft, Aussehen und Geruch, durchfeuchtet von dem Pfuhl, jener schwarzen, stinkenden Feuchtigkeit, die schon bildlich als der Inbegriff alles Abscheulichen erscheint. Alles Dies ist aber organischer Abkunft, und indem wir damit düngen, scheinen es keineswegs mineralische Stoffe zu sein, welchen die unverkennbar nutzbringende Wirkung des festen und flüssigen Düngers, des Mistes und des Pfuhles zuzuschreiben ist.

Wir sagten „scheinen" — denn in der That wirkt aller Dünger nur durch die in ihm enthaltenen unverbrennlichen, mineralischen Bestandtheile, und mit einem kleinen, später zu erläuternden Vorbehalte können wir zuversichtlich den Satz aussprechen: „daß die durch Verbrennung einer gewissen Menge von Dünger erhaltene Asche, auf ein Feld gebracht, dieselbe Wirkung äußert, als jener Dünger an und für sich."

Eine kurze Betrachtung wird uns zeigen, daß im Dünger fast alle jene mineralischen Stoffe wieder angesammelt erscheinen, welche in den Ernten den Feldern entzogen worden sind.

Die Weizenernte, welche wir von einem Felde hinwegführen, liefert uns zwei nutzbare Theile: das Stroh und die Weizenkörner. Das erstere, ausgezeichnet durch seinen Gehalt an Kieselerde, wird theils als Häcksel dem Vieh im Futter gereicht, theils als Streu verwendet. In dem Thierkörper wird aber von der im Stroh enthaltenen Kieselerde gar nichts aufgenommen und zurückbehalten, vielmehr wird dieselbe wieder abgesondert, in den Excrementen, die, mit Stroh vermischt, den Mist bilden, der also dem Acker den ganzen Kieselgehalt wieder zurückgibt. Das Weizenkorn besteht aus Stärkemehl, Pflanzeneiweiß und phosphorsauerm Kalk. Indem wir in Form von Brot oder andern Mehlspeisen dasselbe genießen, sind es hauptsächlich die erstgenannten organischen Bestandtheile des Weizens, die in Fleisch und Blut des Menschen übergehen und zur Ernährung verwendet werden. Der mineralische Bestandtheil des Weizens, das Kalksalz, findet sich wieder in den festen und flüssigen Absonderungen und kann, dem Dünger zugetheilt, dem Culturboden zurückerstattet werden. Allerdings geht auf dem Wege durch den menschlichen Körper ein Theil des phosphorsauern Kalks, der in den Getreidekörnern enthalten ist, in jenen über und wird zur Bildung der Knochenmasse verwendet. Bedenken wir jedoch, daß der im Skelete des ausgewachsenen Menschen enthaltene phosphorsaure Kalk nur etwa sieben bis acht Pfund wiegt, daß die vieljährige Periode des Wachsthums zur Ansammlung dieser Masse verwendet wird, die später nicht mehr zunimmt, so können wir mit Gewißheit annehmen, daß auch die phosphorsauern Salze in den Abgängen vollständig dem Boden ersetzt werden können.

Noch genauer geschieht die Rückerstattung beim Durch-

gang der als Futter gereichten Pflanzenstoffe durch den Körper unserer Hausthiere. Denn was davon nicht, wie bereits erwähnt, als Excrement in den Dünger übergeht, wird zur Ausbildung des Thierkörpers verwendet, der seinerseits wieder dem Menschen als Nahrungsmittel dient. Es ist dieselbe Erscheinung wie oben, nur auf dem Umwege, daß der Pflanzenstoff, zuerst vom Thierkörper assimilirt, nachträglich zur Nahrung des Menschen dient. Die Rückgabe an das Culturland kann auch in diesem Falle eine vollständige sein, da wir im Stande sind, die Knochen des Thieres zu sammeln und in Form von Knochenmehl dem Felde den phosphorsauern Kalk wiederzuzuführen, während die Pietät gegen unsere Todten den Ueberresten derselben eine heilige Ruhestätte anweist.

Wir sehen also aufs klarste, wie in dem Dünger alle mineralischen Stoffe sich wiederfinden, die ursprünglich mit der Pflanze dem Boden entnommen worden, da auch Fetzen und Schnitzel aller Art, Kehricht u. s. w. zu diesem letzten wahren Potpourri endlich zusammentreffen. Wo eine sorgfältige Aufsammlung aller Abfälle geschieht, wo namentlich die flüssigen Absonderungen, die ganz besonders reich sind an phosphorsauern Salzen, nicht verloren werden, da erscheinen die Düngung, die Pflanzencultur, die Ernährung des Menschen als ein regelmäßiger Kreislauf gewisser mineralischer Stoffe. Andererseits müssen an Orten und in Ländern, wo Abfälle der genannten Art durch Kanäle den Flüssen und Meeren zugeleitet oder sonst durch Unachtsamkeit nicht zu den Zwecken der Agricultur aufgesammelt werden, jährlich außerordentliche Mengen jener mineralischen Pflanzenbestandtheile in Verlust gerathen. Eine langjährige Wiederholung dessen kann endlich für Landstriche und ganze Länder ein Deficit hervorrufen, das nur eine Zufuhr von anderwärts zu decken vermag. Aus diesen Andeutungen erklärt sich die ekelhafte Sorgfalt, mit welcher der Chinese seinen Unaussprechlichen aufsammelt und hütet; es geht aus

denselben hervor, warum das Düngstoff vergeudende England Hunderttausende Centner von Guano, Knochenmehl und Rapskuchen aus entfernten Gegenden einführt, um den Verlust zu decken, welchen die Kanäle aus seinen ungeheuern Städten unbenutzt dem Meere zuleiten.

Einleuchtend erscheint aber nach dem Vorhergehenden auch die schon früher ausgesprochene Ansicht, daß die Asche eines gegebenen Düngers dieselben Dienste zu leisten vermag wie der Dünger selbst; daß wir dem Acker gleiche Werthe einverleiben würden, indem wir demselben einen Karren voll Mist zuführen, oder indem wir die wenigen Hände voll Asche auf denselben ausstreuen, welche dessen Verbrennung geliefert hatte: denn in beiden Fällen erhielt der Boden wieder die mineralischen Pflanzenbestandtheile.

Es ist in dem eben Gesagten die Erklärung des in der neuern Landwirthschaft jetzt vielfach genannten „Mineraldüngers" enthalten. Erfahrungen der praktischen Landwirthschaft, welche den seitherigen theoretischen Entwickelungen vorangegangen sind, dienen als wesentliche Bestätigung derselben, ja haben zum Theil zu Ausgangspunkten derselben gedient. Am ältesten und entschiedensten ist die Thatsache, daß eine reine Mineralsubstanz, der Gyps, aus schwefelsauerm Kalk bestehend, auf das Wachsthum verschiedener Culturpflanzen, insbesondere aber des Klees, eine so günstige Wirkung hervorbrachte, daß sie, den gewöhnlichen Dünger übertreffend, wunderartig erschien. Wir wissen aber, daß die Kleepflanze sehr viel Kalk bedarf, der zwar in fast jedem Boden in hinreichender Menge, aber nicht in dem löslichen Zustande vorhanden ist, wie der Gyps ihn bietet. Wir haben seitdem erfahren, daß Knochen, Knochenkohle und Knochenasche, Guano und Oelkuchen für alle Getreidearten eine ähnliche wunderartige Düngung gewähren, aber zugleich die Ursache darin aufgefunden, daß die genannten Stoffe ungemein viel phosphorsauern Kalk enthalten, also denselben Bestandtheil, der niemals in den Getreidekörnern fehlt, der

dagegen nur selten und in geringer Menge in unserm Ackerboden vorkommt. Wir wissen jetzt, daß die genannten mineralischen Düngstoffe, die in verhältnißmäßig geringer Menge so bedeutende Wirkungen hervorbringen, keine Reizmittel sind, welche die Bodenkraft anregen oder erhöhen: denn weder Boden noch Pflanzen haben Nerven, die, vergleichbar denen des thierischen Körpers, zu erhöhter Thätigkeit erregt werden können, und der Boden hat keine ihm eigene Kraft, durch welche er das Wachsthum und Gedeihen der Pflanze zu befördern vermag. Er verhält sich vielmehr ganz passiv: er gibt ab, was in löslicher Form die Pflanze ihm entzieht; er nimmt auf, was ihm wieder zugeführt wird.

Angesichts dieser Thatsachen hält es die Theorie der Agriculturchemie für ihre Aufgabe, düngende Mineralstoffe aufzusuchen und der Landwirthschaft zu Gebote zu stellen, unter Formen und Umständen, welche die bisherige Unkenntniß dieser Verhältnisse unberücksichtigt gelassen hat, sodaß viele zur Production großer Nahrungswerthe verwendbare Stoffe diesem wichtigen Zwecke entfremdet geblieben sind. Die Theorie weist in dieser Beziehung hin auf die als Dünger nutzbaren Aschen, Salze und Rückstände der verschiedensten Arten, die in Haushaltungen und Fabriken vielfach unbenutzt bleiben. Dieselbe ist bemüht, unmittelbar aus dem Mineralreich ein Ersatzmittel für den kostbarsten aller Düngstoffe, das Knochenmehl, aufzufinden, der den Getreidearten gegenüber eine ähnliche Wirkung übernehmen soll, wie der Gyps auf Klee und Hülsenfrüchte sie bewährt. Die Theorie sucht endlich durch eine genaue Analyse aller gebräuchlichen Düngmittel den Werth derselben festzustellen, dieselben nach ihren Bestandtheilen zu classificiren, damit in Uebereinstimmung mit den Bedürfnissen gegebener Pflanzen und den Bestandtheilen des gebotenen Bodens die Landwirthschaft in den Stand gesetzt werde, die zweckmäßigste Auswahl zu treffen.

Machen wir schließlich noch einige Bemerkungen über die Wirkung der rein mineralischen Düngstoffe im Vergleich zu der des gewöhnlich angewendeten Stalldüngers oder Mistes. Auch der letztere enthält, wie oben ausgeführt wurde, mineralische Bestandtheile und verdankt eben diesen seine Hauptwirksamkeit. Allein der Mist überläßt sie nur in dem Maße, als er verwittert, also sehr allmälig, dem Boden und der Wurzelfaser; und da hierzu eine Zeit von mehren Jahren erfoderlich ist, während welcher der Ackerboden eine wiederholte Umarbeitung erfährt, so erhalten die düngenden Bestandtheile des Mistes einen Grad und eine Gleichmäßigkeit der Vertheilung, welche für die Culturpflanze vorzüglich günstig sich erweist. Die vegetabilische Faser des Mistes schützt dessen mineralische Stoffe zugleich gegen das Wegwaschen und Auswaschen durch den Regen. Wie wichtig aber eine weitgehende und gleichmäßige Vertheilung der düngenden Stoffe ist, zeigte sich deutlich in der Geschichte der Anwendung der Knochen, die, anfänglich nur in groben Stücken auf die Weizenfelder verbreitet, zwar eine entschieden günstige Wirkung hervorbrachten, welche sich jedoch verdoppelte und vervielfachte, als man dieselben, in feines Mehl verwandelt oder durch Schwefelsäure aufgeschlossen, in Anwendung brachte.

Im Vergleich mit der allmälig und nachhaltig wirkenden Eigenschaft des Mistes erscheint der reine Mineraldünger der Pflanze zugänglicher und deshalb von mehr vorübergehender Wirksamkeit. Auch hierin beruht ein Unterschied, daß der Mist, als Repräsentant der Ueberreste aller Pflanzen, auch den allen Culturen zugänglichen Düngstoff enthält und diesen bei geeigneter Reihenfolge, wie die wohlgeregelte Wechselwirthschaft sie einhält, den aufeinander folgenden Pflanzungen abgibt, während mineralische Dünger, wie Gyps, Knochenmehl, Asche u. s. w., nur für einzelne bestimmte Culturen sich eignen.

Endlich erweisen die beiden zu vergleichenden Düngearten sich wesentlich verschieden darin, daß in dem Mist eine

nicht unbeträchtliche Menge organischer Stoffe (Stroh u. dergl.) dem Boden übergeben werden, die dazu beitragen, die Beschaffenheit der Ackerkrume mehr oder weniger zu verändern. Der Boden kann durch die Beimengung dieses voluminosen Düngers eine Auflockerung erhalten, die sich höchst zuträglich und günstig zu erweisen vermag und welche unter gleichen Umständen ein rein mineralischer Dünger nicht gewähren kann.

Aus dem Gesagten ist also zu entnehmen, daß wir keineswegs uns verbindlich machen dürfen, mit rein mineralischen Düngstoffen unter allen Umständen Dasselbe leisten zu wollen, was unsere Landwirthschaft mit ihren seither üblichen Mitteln erreichte; daß es allerdings nicht einerlei ist, ob wir dem Acker einen Karren voll Mist oder die aus Verbrennung des letztern hervorgegangene Asche zuführen. Es folgt hieraus, daß die Physiognomie unserer Landwirthschaft im Ganzen sich weniger auffallend verändern wird, als dies im ersten Augenblick infolge des theoretischen Einflusses der Fall werden zu sollen schien. Es wird die Dunggrube auch fernerhin die Goldgrube des Bauern sein.

Unsern bisherigen Erläuterungen gemäß erkennen wir demnach den Einfluß der Chemie auf die Landwirthschaft hauptsächlich darin, daß die Chemie durchgehends bestimmte Werthe an die Stelle schwankender Angaben zu setzen bemüht ist. Hierdurch allein kann diese Industrie Herrin ihrer Operationen werden und so jener Sicherheit und Vielseitigkeit sich nähern, welche in den mechanischen und rein chemischen Gewerben in so hohem Grade gewonnen worden ist. Hierfür nur ein Beispiel!

Das Auge des Chemikers verfolgt mit einer gewissen Sorge jene Tausende Centner von Knochen, welche jährlich den Rhein hinunter als Dünger nach den Niederlanden und England gehen. Das dafür erlöste Geld, durchschnittlich anderthalb Gulden oder fünf Sechstel Thaler für den Zollvereinscentner, erscheint ihm nur ein geringer Ersatz für jene

werthvolle Substanz. Derselbe weiß, daß ein Centner Roggenkörner 1,1 Pfund phosphorsauern Kalk enthält, woraus sich ergibt, daß ein Centner Knochenmehl, worin gegen 66% phosphorsauern Kalks enthalten sind, hinreicht, um für 54 Centner Roggen diesen mineralischen Bestandtheil zu liefern. Ein Centner Knochenmehl ist der Theorie nach der Repräsentant von 54 Centnern Roggen. In der Praxis wird dieses Resultat bei weitem nicht erreicht, aus dem einleuchtenden Grunde, weil es uns unmöglich ist, das Knochenmehl so in dem Boden zu vertheilen, daß es vollständig von den Wurzelfasern des Getreides aufgenommen wird. Allein die Erfahrung hat in dieser Beziehung zu dem Ergebniß geführt, daß die Wirkung von einem Centner feinen Knochenmehls der von 25—30 Centnern Stalldünger, oder von ungefähr einem halben Centner Guano gleich gesetzt werden kann. Hiernach würde ein Centner Knochenmehl im Stande sein, vier Centner Roggenkörner zu produciren. Nehmen wir den Werth des Knochenmehls für den Centner zu drei Gulden an und den des entsprechenden Roggens durchschnittlich nur zu zehn Gulden, so sieht man leicht ein, welch großen Werth die Knochen für die Oekonomie sowol des Landwirths als auch des ganzen Staats haben.

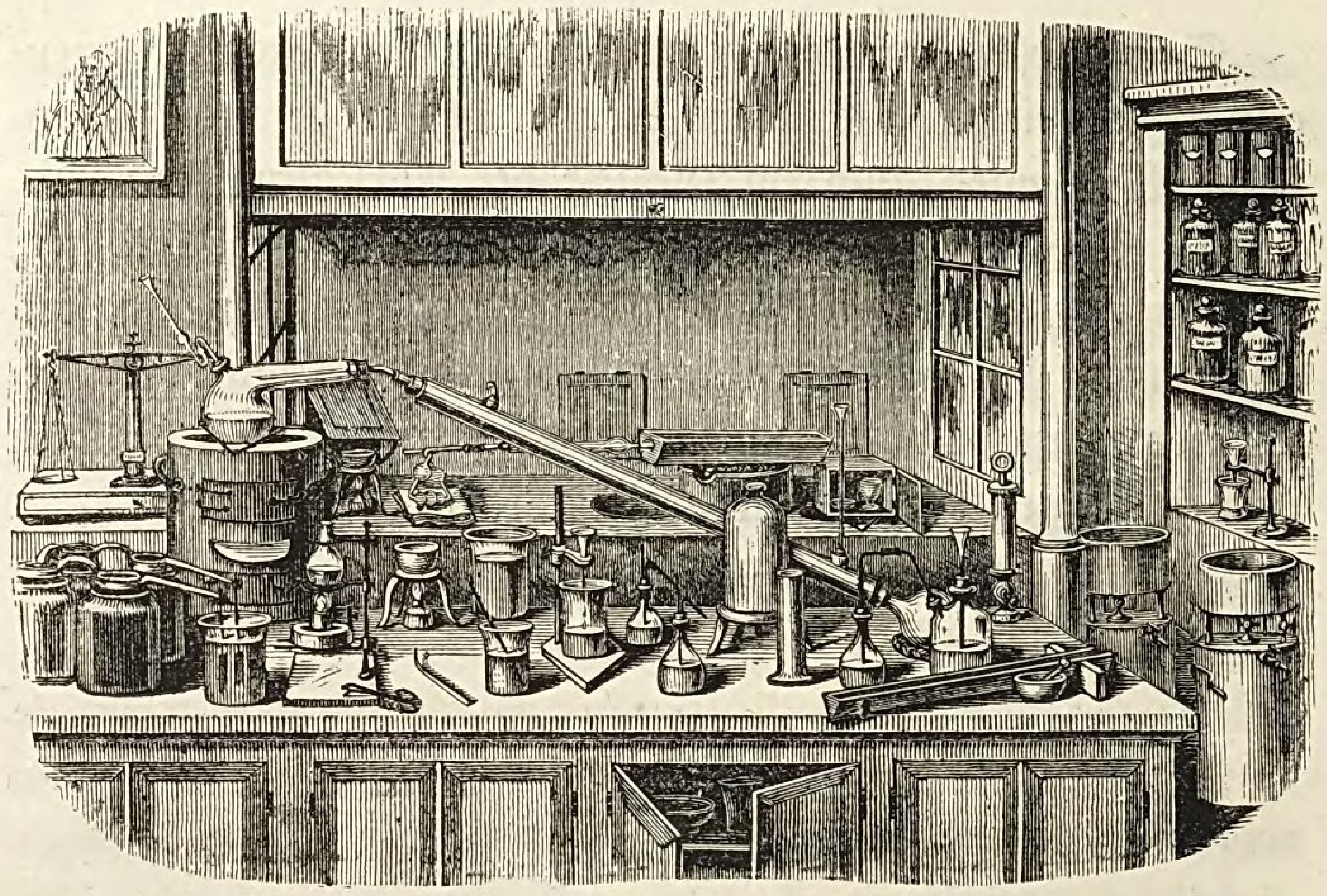
Aus einer mittlern Stadt des Oberrhein gehen jährlich 10—12000 Centner roher Knochen diesen Fluß hinunter, größtentheils nach Belgien und England, und es werden hierfür 15—18000 Gulden bezahlt. Nach obiger Erfahrung entspricht aber diese Knochenmenge einem Roggenertrag von 40—48000 Centnern im Werth von 80—100000 Gulden! Auf die Cultur von Weizen verwendet, würde ein noch bei weitem höherer Productionswerth jener ausgeführten Knochenmasse sich berechnen lassen.

Bedenkt man aber nun, daß aus den verschiedensten Gegenden Deutschlands fortwährend Knochen ausgeführt werden, deren Betrag auf Hunderttausende von Centnern jähr-

lich sich summirt, so ergibt sich, welch ungeheure Productionswerthe auf diese Weise verloren gehen, da der directe Erlös aus diesen Knochen in keinem Verhältniß zu ihrem wirklichen Werthe steht. Es entsteht außerdem noch die Frage, ob für die Dauer ein Land diese Ausfuhr wird ertragen können, ohne die eigene Erschöpfung hervorzurufen, wie solche in England factisch bereits eingetreten ist. Unter diesen Umständen kann man es fast lächerlich finden, wenn deutsche Oekonomen mit schwerem Geld Guano einführen, dagegen aber eine so werthvolle Substanz wie Knochen unbenutzt ausführen lassen. Es ist unstreitig dem berechnenden Einfluß der Wissenschaft zuzuschreiben, wenn wir in neuerer Zeit in England wiederholte Versuche auftauchen sehen, die Einnahme des Culturbodens mit dessen Ausgabe nachhaltig in Uebereinstimmung zu bringen. Man ist jetzt mit der Ausführung eines Plans bemüht, wonach die Abfälle der ungeheuern Metropolis, die gegenwärtig unbenutzt von der Themse ins Meer gespült werden, für die Oekonomie zu gewinnen. Auch gehört hierher das kürzlich patentirte Verfahren, Seefische, die an manchen Küsten in ungeheurer Menge zu haben sind, in einen Düngstoff zu verwandeln. Auf diese Weise könnte allerdings eine vollkommenere Circulation der Materie hergestellt werden als seither in England der Fall war.

Am meisten scheint man noch, nach den werthvollen Mittheilungen in Stöckhardt's „Chemischen Feldpredigten", den Werth der Knochen in Sachsen zu würdigen, wo nach annähernder Berechnung jährlich 150000 Centner Knochen für die Zwecke der Getreideerzeugung verwendet werden, was einem Ertrage von 300000 Scheffeln (1 Scheffel = 160 Pfund Roggen) entspricht. Für die rasche Zunahme des Verbrauchs an Knochenmehl wird als Beispiel angeführt, daß die jährliche Erzeugung einer Knochenmühle von anfänglich 600 Centnern innerhalb zehn Jahren auf 15000 Centner sich steigerte.

So schließen wir diesen Abschnitt in der festen Ueberzeugung, daß die Chemie wohl berufen ist, große und segensreiche Wirkungen auch im Gebiete der Agricultur hervorzurufen. Aber sie wird dies nicht für sich allein vollbringen, sondern nur in inniger Verbindung mit den gleichzeitig fortgeschrittenen Wissenschaften der Pflanzenphysiologie, der Meteorologie und Physik, und angelehnt an eine nach deren Principien geleitete, umsichtsvolle Praxis!



Apparate der neuern Chemie.

V. Die Chemie und die Schule.

„Aber im stillen Gemach entwirft bedeutende Zirkel
Sinnend der Weise, beschleicht forschend den schaffenden Geist;
Prüft der Stoffe Gewalt, der Magnete Hassen und Lieben,
Folgt durch die Lüfte dem Klang, folgt durch den Aether dem Strahl;
Sucht das vertraute Gesetz in des Zufalls grausenden Wundern,
Sucht den ruhenden Pol in der Erscheinungen Flucht.“

Schiller.

Jeder, der die Bedeutung der Chemie nach ihren verschiedenen Richtungen zu verfolgen und zu würdigen vermag, wird gewiß auch wünschen und streben, daß diese Wissenschaft durch den Unterricht zu einem möglichst weit verbreiteten Gemeingut gemacht werden möge. Bei jedem Gelehrten und Künstler finden wir ja einen gewissen Enthusias-

mus für sein Fach, der ihn zur Mittheilung, zum Eindringen auf seine Umgebung gleichsam nöthigt. Der Musiker z. B. behauptet, daß auf die Harmonie und den Rhythmus der Töne die Grundlage der ganzen menschlichen Entwickelung begründet werden müsse, während wir gleichzeitig einen Gymnastiker mit gleichem Eifer die Ansicht verfechten sehen, daß nur durch die körperliche Uebung jene Herrschaft des Willens, jene Freiheit der Bewegung, sowie das erfoderliche Selbstvertrauen erworben werde, welche die nothwendige Vorbedingung aller Erziehung ausmachen. Hiernach sind also Musik oder Turnen die Grundlage alles Unterrichts! Dieser Enthusiasmus, der Jeden mit seinem Fach in den Vordergrund treibt, erscheint begreiflich, verzeihlich und bei weitem mehr nützlich als nachtheilig; denn es ist, wie Goethe sagt, schon dafür gesorgt, daß die Bäume nicht in den Himmel wachsen. Das Gesammtleben ist eben jenes Kaleidoskop, das alle die einzelnen glänzenden Flitter und bunten Steinchen, die verworren durcheinanderfallen, stets wieder zu einem symmetrischen Gesammtbilde geordnet darstellt. Sonach schon, und abgesehen von allem Andern, wird man es gewiß auch dem Chemiker nicht verargen wollen, wenn er in dem Unterrichtswesen unserer Zeit für seine Wissenschaft eine angemessene Berücksichtigung verlangt.

Unsere hohen Schulen, die Universitäten, jene Gipfelpunkte, wo alle Blüten des Geistes zuerst und am schönsten sich entfalten sollen, haben, wie bereits früher erwähnt wurde, schon seit einer Reihe von Jahren der Chemie ihre selbständige Stellung eingeräumt, sodaß selbst kleinere Universitäten, wo vor dreißig Jahren höchstens ein Mitglied der medicinischen Facultät nebenher die Chemie repräsentirte, jetzt, außer dem ordentlichen Professor für Experimentalchemie, noch mehre Professoren und Privatdocenten für einzelne Zweige und Richtungen derselben aufweisen.

Wenn hierdurch der Wissenschaft an sich ihre volle Anerkennung geworden ist, so war dies nicht minder der Fall

hinsichtlich der auf Künste und Gewerbe angewendeten Chemie. Die polytechnischen Schulen, die höhern Gewerbe- und Realschulen: sie sind jetzt durch ganz Deutschland mit Lehrkräften und Lehrmitteln in einer Weise ausgerüstet, wie dies kein anderes Land aufweist. Noch kürzlich hatten wir Gelegenheit, Einsicht von einer Gewerbeschule in Baiern zu nehmen, wo in einer Stadt von nur 10000 Seelen das chemische Laboratorium, der speciell chemische Hörsaal, Wagzimmer, Präparatencabinet, Credit u. s. w. geräumiger, zweckmäßiger, eleganter und reicher ausgestattet erschienen, als dies vor fünfundzwanzig Jahren bei Liebig's weltberühmter Unterrichtsanstalt der Fall war.

Nichts beweist ferner mehr die Verbreitung des chemischen Unterrichts als die an verschiedenen Orten entstandenen Handlungen, die sich ausschließlich mit chemischen Geräthschaften und Materialien befassen. Welche Noth hatte man früher, um nur die einfachsten und nothwendigsten Bedürfnisse zusammenzubringen! Fast Alles mußte direct bezogen werden — das weiche Glas aus Paris, das harte aus Prag, Kautschukplatten aus London, das Filtrirpapier aus Stockholm, Kaliapparate aus Gießen u. s. w., wobei dann ein ungeheures Brief- und Packetporto, sowie hohe Eingangs- und Zwischenzölle noch bewirkten, daß an sich ganz billige Gegenstände nur mit großen Opfern zu erhalten waren. Wie ganz verschieden ist dies jetzt. Man kann jetzt ein chemisches Laboratorium in Accord geben, fast so gut wie die Errichtung eines Wohnhauses, eingerichtet, ausgestattet bis ins Einzelne und Kleinste.

Alles Dies zeigt ohne Zweifel die der Chemie im Unterricht bereits gewordene große Bedeutung und Verbreitung — allein nur in denjenigen Sphären, wo die Macht der Wissenschaft und die gebieterische Nothwendigkeit der Industrie sich geltend gemacht haben. Anders verhält es sich aber in den Regionen, wo weder von der Ausbildung zur Wissenschaft noch zum Erwerb die Rede sein kann, wo allein die allge-

meine Erziehung und Bildung des Menschen als Ziel erscheint, nämlich in den Gymnasien und in den Volksschulen verschiedener Namen und Gattung.

Was die eigentliche Volksschule betrifft, so kann dieselbe hier nicht in Frage kommen. In höhern Bürgerschulen, auch vielwärts Realschulen genannt, überhaupt in Schulen, die, ohne alte Sprachen zu lehren, die Söhne des Bürgerstandes doch bis zum vollendeten funfzehnten oder sechzehnten Jahre unterrichten, und aus welchen die Schüler größtentheils unmittelbar ins Geschäftsleben zurücktreten, läßt sich dagegen schon Raum, Zeit und Auffassungsvermögen für den Unterricht in der Chemie gewinnen. Freilich wird dieser Unterricht mit Nutzen nur ebenso weit greifen können, als es die drei genannten Bedingungen gestatten. Man wird sich darauf beschränken müssen, einige der wichtigsten Grundbegriffe zu vermitteln; und es darf schon als großer Gewinn angesehen werden, wenn die Begriffe der einfachen und zusammengesetzten Körper, der chemischen Aequivalentenzahl, der Säuren, Basen und Salze, sowie der Verlauf chemischer Zersetzungen, namentlich auch der organischen Körper, zum Verständniß gebracht und die wichtigsten Stoffe und ihre Verbindungen bekannt gemacht werden können.

Noch mehr Bedeutsamkeit legen wir indessen einer Einführung des Unterrichts in der Chemie auf den Gymnasien bei, insofern hier ein Theil unserer männlichen Jugend die eigentliche Grundlage jener Geistesentwickelung erlangt, die ihn als den gebildeten Stand bisher so specifisch von der übrigen Bevölkerung unterschieden hat.

Chemie im Gymnasium! Wir berühren mit diesen Worten den schon seit Jahrzehnden erregten, bald mit mehr oder minder Eifer, ja Leidenschaft geführten Streit über die Zulassung der Realien in den Gymnasien, über das Verhältniß der alten Sprachen zu den reichen Schätzen des modernen Wissens, insbesondere der Naturwissenschaften und zu den Anfoderungen frischen Lebens.

Es kann und soll hier dieser Streit weder aufgenommen noch viel weniger entschieden werden, sondern nur einige Bemerkungen wollen wir machen, einige Andeutungen geben. In welcher Classe unserer Bevölkerung herrscht gegenwärtig jenes rege Interesse nach naturwissenschaftlicher Belehrung, durch welches eine so große Anzahl von Schriften hervorgerufen wurde, die keineswegs für das wissenschaftliche Studium geschrieben sind? Es ist eben jener gebildete Stand, der in seiner ganzen Jugendbildung, mit theilweisen Ausnahmen der Physik, die Natur schmerzlich vermißt und mit der Sehnsucht des Kindes der lange entfernt gehaltenen Mutter die Arme entgegenstreckt. Und soll ihm diese auch ferner entzogen bleiben?

Den Naturwissenschaften sonst nicht unfreundlich gesinnte Philologen versichern, daß Zeitmangel der wichtigste Grund des Fernhaltens der Naturwissenschaften von dem Lehrkreise des Gymnasiums sei. Wir glauben, dieser Grund ist unzureichend. Das Gymnasium behält seine Schüler hinreichend lange (in der Regel acht Jahre), um bei zweckmäßiger Anordnung in nur wenigen Stunden wöchentlich das ganze Gebiet der Naturwissenschaften, von unten auf etwa in dieser Reihenfolge zu erledigen: Zoologie, Botanik, Physik mit Mechanik und Astronomie, Chemie mit Mineralogie, Geologie und Physiologie.

Die Einwürfe über Zersplitterung der Kräfte, Häufung der Arbeit, Zerstreuung und Verflachung durch vielfache Lehrobjecte, welche der Aufnahme der Chemie wie der übrigen Naturwissenschaften entgegengehalten werden könnten, muß der Verfasser entschieden zurückweisen, indem er sich dabei auf die Erfahrung einer Reihe von Jahren stützt. Grundsatz ist dabei, allen Lehrstoff in der Lehrstunde selbst zu geben und zu verarbeiten, keinerlei häusliche Arbeiten, namentlich keine schriftlichen vom Schüler zu verlangen. Ohne Ausnahme zeigte dabei der Erfolg, daß diejenigen Schüler, die in den alten Sprachen die gediegensten Kenntnisse

hatten und den ersten Rang behaupteten, auch in den Naturwissenschaften die tüchtigsten waren, daß Schüler, die überhaupt keinen wissenschaftlichen Sinn bethätigten, auch theilnahmlos gegen Naturwissenschaften sich verhielten, daß endlich hier und da Einige sich fanden, welchen gewissermaßen das Organ für philologische Studien abging und welche dennoch in Mathematik und Naturwissenschaften Erfreuliches leisteten.

Es ward schon früher von uns hervorgehoben, wie trotz der ins Ungeheure gehenden Ausdehnung des hier behandelten Zweiges der Naturwissenschaft, nämlich der Chemie, das Studium derselben nicht schwieriger, vielmehr zugänglicher geworden sei, weil eine bessere Methode auf fester Grundlage den Schüler viel weiter führt als vordem. Sollte denn nicht auch die Philologie in der Behandlung des zähen und schweren Stoffs der alten Sprachen ähnlicher Erfolge sich rühmen dürfen?

Wir wissen recht gut, daß der Geistesreife nicht mit Eisenbahngeschwindigkeit entgegengeeilt werden kann, daß trotz aller Potenzirung äußerlicher Hülfsmittel der physische Mensch sein von Anbeginn ihm einverleibtes Tempo auf dem Wege seiner körperlichen Entwickelung nicht beschleunigt hat und daß der Geist mit dieser leisen Bewegung ewig gleichen Schritt halten muß. Wiederholte Täuschungen zeigten, daß es ebenso widersinnig als unmöglich ist, in das zarte Jugendgemüth Ideen und Begriffe zu verlegen, die nur das Eigenthum Verkürzung des gereiften Geistes werden können. Trotz aller von Raum und Zeit durch Dampf und Eisen, trotz des blitzschnellen Gedankenflugs am elektrischen Drahte, wird man künftig, wie früher, die griechischen Tragiker und Philosophen nur mit Jünglingen lesen können, die dem Mannesalter näher sind als den Knabenjahren — ähnlich wie dies auch für Shakspeare und Goethe verlangt werden muß. Hierüber ist man einig! Allein wo es sich nur um Ueberwindung der Schwierigkeiten der alten Sprachen in Wort, Form

und Wendung handelt, sollte da ein seit Jahrhunderten geübter Unterricht nicht zu Fortschritten in der Methode geführt haben, die rascher über jene hinweg zur Fertigkeit führen? Es erscheint dies gewiß nicht als unmöglich. Als ein solcher Fortschritt im Sprachunterricht dürfte insbesondere gelten, daß man hier, wie in der Mechanik, die Werthe von Zeit und Kraft möglichst zu ökonomisiren suche und diese Werthe nicht unzeitig an das Unwesentlichere verschwende, wie dies z. B. mitunter der Fall ist beim Auswendiglernen zahlreicher Wörter, die in den Biegungen oder im Geschlechte Ausnahmen bilden. Es entsteht hierdurch gerade im ersten Anlauf dem Anfänger eine abstumpfende Quälerei, die ihn noch verdrießlicher machen würde, wenn er bereits wüßte, daß er die Mehrzahl Wörter später kaum je anwenden wird, da es gerade die selten gebräuchlichsten sind.

Würde ähnlich im chemischen Unterrichte verfahren, und z. B. bei der Geschichte des Schwefels die verschiedenen thionigen Säuren mit aufgenommen, desgleichen die Abhandlung aller neu entdeckten seltenen Elemente — wovon, beiläufig gesagt, selbst auf Hochschulen nur ganz aphoristisch die Rede ist —, so wäre freilich die Ein- und Durchführung der Chemie in den Gymnasien eine absolute Unmöglichkeit. Das Gymnasium soll ja keine Chemiker bilden, aber auch keine Philologen! Im rechten Maßhalten liegt hier, wie überhaupt, die Möglichkeit eines gedeihlichen Zusammenseins und Zusammenwirkens.

Wir empfehlen aber die Chemie als Unterrichtsbestandtheil den Gymnasien wegen ihres allgemein bildenden Inhalts, und können uns nicht darauf verweisen lassen, daß es allen Studirenden freistehe, diese Ergänzung auf der Universität einzuholen. Da, wo Collegiengelder bezahlt werden müssen, steht die Experimentalchemie — gewöhnlich eins der theuersten Collegien — dem Hörer keineswegs frei, abgesehen davon, daß die Stunden, in welchen sie vorgetragen wird, in der Regel mit den Fachcollegien zusammenfal-

len werden. Die Erfahrung lehrt überdies, wie gering die allgemein bildenden Collegien: Mathematik, Physik, Logik, Philosophie u. s. w., auf der Universität benutzt werden, selbst wenn dieselben als Zwangscollegien erklärt sind. Viel geeigneter erscheint in dieser Beziehung die Einschaltung des den philosophischen Studien und den Naturwissenschaften gewidmeten Lyceums, wohin alsdann auch die Chemie zu verlegen wäre.

Wir wünschen die Chemie ferner als Unterrichtsgegenstand der Gymnasien aufgenommen zu sehen, weil sie für viele später zu ergreifende Fächer eine nicht minder wichtige Grundlage ist als die Sprachkunde. Die akademischen Vorträge genügen zur Aneignung dieser Grundlage nicht, insofern dieselben die Chemie für Chemiker geben, nicht aber in der Form, wie sie als Hülfswissenschaft oder als allgemein bildendes Moment dem Studirenden angemessen wäre, der, ganz unvorbereitet, ohnehin den Gang zu rasch, das Eindringen zu tief, die Masse der Thatsachen, Erscheinungen und Namen zu groß findet.

Wir hoffen endlich, daß ein geeigneter Unterricht der Chemie auf dem Gymnasium wesentlich mit dazu beitragen werde, den Schüler vor jener Sucht zu bewahren, in eine falsche Richtung der speculativen Naturphilosophie, in die Mystik und andere Nachwehen einer überwundenen Periode zu verfallen.

Wenn es uns aber gelungen ist, die Theilnahme eines Kreises von Lesern bis hierher festzuhalten, so wird gerade in diesen ein lebhaftes Gefühl des Bedauerns rege sein, daß ihrer Jugend nicht vergönnt war, in der Chemie einen Schatz mit in das Leben zu nehmen, der an sich so werthvoll, in seiner Verwendung so reich ist, und sie werden einstimmen und mitwirken, daß derselbe nicht vorenthalten werde — der Jugend der Gegenwart!

Druck von F. A. Brockhaus in Leipzig.

Schoedler, Friedrich,

Die Chemie der Gegenwart in ihren Grundzügen und Beziehungen zu Wissenschaft und Kunst, Gewerbe und Ackerbau, Schule und Leben für Gebildete aller Stände

Leipzig 1854